

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1886.

PRÉSIDENCE DE M. JURIEN DE LA GRAVIÈRE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *Sur les rapports de la Géodésie avec la Géologie* (¹).

Note de M. H. FAYE.

« Quelques personnes m'ayant demandé de préciser les contradictions géodésiques que M. de Lapparent a signalées récemment, je demande à l'Académie la permission de revenir une dernière fois sur ce sujet.

» Les géodésiens, on le sait, déterminent la figure de la Terre par les procédés les plus directs, en combinant leurs triangulations avec les mesures astronomiques qui donnent en chaque point la direction de la verticale. Ces immenses travaux, exécutés dans toutes les parties du monde avec une admirable précision, assignent à la Terre la figure d'un ellipsoïde de révolution légèrement aplati. Ils sont d'ailleurs indépendants de toute hypothèse sur la constitution du globe.

(¹) Suite de la Note du 12 juillet.

» Il y a quelques années, des géomètres ont envisagé ce sujet à un tout autre point de vue. Si l'on connaissait la répartition des masses dans le globe terrestre, on pourrait en déduire le potentiel et par suite l'équation d'une quelconque de ses surfaces de niveau, par exemple de celle qui doit coïncider sensiblement avec la surface des eaux tranquilles. Sans doute que nos connaissances positives, directes, sur cette constitution ne vont pas au delà du fond des mers; mais, à ne considérer que cette mince couche qui comprend à la fois les continents et les bassins océaniques, si irrégulièrement distribués, on a pensé, non pas comme les géomètres du temps de Laplace ou de Bessel que le géoïde devait s'écarter sensiblement de la figure des géodésiens, mais que l'erreur devait être énorme.

» Pour appuyer cette conjecture, voici, à peu près, comment on a procédé. Sur une sphère homogène de densité 5,55, ayant pour surface le fond des mers et représentant toute la masse inaccessible du globe, on pose de minces couches continentales de densité 2,5 et de hauteur connue; puis on remplit les bassins intermédiaires avec de l'eau dont la densité sera 1. Au potentiel de la sphère intérieure, immédiatement calculable, on ajoute celui de cette mince enveloppe discontinue de 3000^m à 4000^m d'épaisseur. Grâce à des simplifications sur lesquelles il est inutile d'insister, on en déduit les ordonnées de la dernière surface de niveau. Sur la zone équatoriale, par exemple, on trouve ainsi, au large, dans les mers, les fameuses dénivellations de 1^{km} dont on a tant parlé ⁽¹⁾.

» Il n'y aurait rien à objecter à ce curieux calcul s'il s'agissait simplement de faire apprécier l'influence que les continents et les mers exercent, à eux seuls, sur la figure du globe terrestre. Il a l'avantage de montrer que, pour opérer la compensation qui, dans la réalité, fait évanouir ces déformations en ramenant la Terre à une figure de révolution, il faut qu'il y ait, dans l'intérieur inaccessible du globe, une assez forte influence que les mesures et les calculs géodésiques seraient d'ailleurs impuissants à déterminer. Mais on ne comprend plus comment les savants auteurs de ces calculs y ont vu la preuve que la Terre *ne peut pas être un ellipsoïde de révolution* et que tous les travaux des géodésiens sont grossièrement en

(1) D'autres géomètres ont cru trouver dans les mesures du pendule, en pleine mer, sur des îlots, une vérification de cette énorme dépression kilométrique. Le pendule donne là, en effet, des intensités un peu trop fortes de la pesanteur; mais j'ai montré, dans les *Comptes rendus* du 22 mars, que ces anomalies tiennent simplement à l'oubli d'une correction indispensable.

erreur ⁽¹⁾. Il faut, pour cela, qu'ils aient oublié l'hypothèse qui leur sert de point de départ, hypothèse qui consiste, au fond, à réduire *tout* ce qui se trouve au-dessous du bassin des mers à un sphéroïde homogène ou composé de couches homogènes. On me répondra peut-être qu'il est impossible de tenir compte de la distribution de ces matériaux, puisqu'ils sont situés à des profondeurs inaccessibles; que, d'ailleurs, la question est au fond indéterminée, car ces matériaux pourraient être distribués d'une infinité de manières sans que la surface terminale en fût altérée. Soit, mais alors le calcul susdit est sans portée si l'on prétend en tirer le moindre argument contre le fait fermement établi par les géodésiens.

» Nous allons voir que, si, au lieu de déclarer *a priori* qu'il est impossible de rien connaître sur les couches qui dépassent le fond des mers, on consulte une Science qui pénètre un peu plus avant dans le globe terrestre, je veux parler de la Géologie, cette indétermination disparaît avec la contradiction qu'on veut élever entre des calculs purement hypothétiques et la réalité.

» D'abord, la Géologie nous apprend que la Terre est en très grande partie, à moins de $\frac{1}{200}$ près de sa masse, à l'état de fusion ignée, et que si, personnellement, nous ne pénétrons guère au delà des galeries de nos mines, il suffit de considérer les produits de la vulcanicité pour s'assurer que les couches situées au-dessous de la croûte solide présentent, par tout le globe, une remarquable uniformité. Et comme, d'ailleurs, la fluidité de la masse interne, qui dure depuis des millions d'années, a dû permettre à ses parties de se ranger suivant l'ordre des densités, on conclura que la répartition des masses internes dont il est ici question doit être cherchée non loin de la surface, mais plus profondément que le fond des océans.

» En outre, le géologue recueille des échantillons des couches situées à la base de l'écorce terrestre; il sait en déterminer le point de fusion, le refroidissement, et l'accroissement de densité dû aux changements de structure moléculaire. Un de nos savants géologues, M. Delesse, a pu ainsi calculer, sans trop de hardiesse, de combien le rayon de la Terre a

(1) Ces assertions, avancées par des géomètres distingués, ont fait une telle impression qu'un savant américain disait dernièrement, dans un discours public, qu'il était fâcheux que la figure et les dimensions de la Terre ne fussent pas assez bien connues pour permettre aux astronomes de réduire exactement les observations de la Lune! En effet, *un kilomètre d'erreur* dans la distance de l'observateur au centre de la Terre introduirait une erreur de 0",5 dans la parallaxe horizontale de notre satellite.

du diminuer par le seul fait de la cristallisation de son écorce. Ce sont là des données sérieuses sur des couches inaccessibles au géomètre et au géodésien.

» Mais ces données seraient insuffisantes si la même Science ne venait éclairer le mode de formation de cette écorce. La Géologie montre que, dans toutes les régions continentales du globe, la température croît de 1° par 30^m de profondeur. A 6000^m , elle serait de plus de 200° . Les sondages des marins nous ont appris que dans les mers la température décroît au contraire : à 6000^m on trouve 0° , au lieu de 200° . Donc le refroidissement continu de la Terre va plus vite et plus profondément sous l'Océan que sous les continents, et comme cet effet dure depuis des millions d'années, la croûte terrestre est plus épaisse et plus dense sous le premier que sous les seconds ⁽¹⁾. Dès lors la distribution des masses se dessine avec netteté dans la croûte terrestre elle-même. Le défaut d'attraction des mers est compensé, juste au-dessous, par la prédominance d'attraction d'une couche plus épaisse et plus dense, tandis que l'excès d'attraction d'un continent est compensé, juste au-dessous, par la faiblesse d'attraction d'une couche plus mince.

» Le calcul susdit devrait donc être repris sur d'autres bases. Au lieu de considérer uniquement l'attraction des parties continentales et celle des mers, il faudrait faire entrer en ligne de compte, sous les mers, l'excès d'attraction de la couche solide sous-jacente, sous les continents, le défaut d'attraction de couches non encore refroidies et solidifiées. Sans doute, dans un calcul sérieux, il y aurait lieu d'introduire certaines inconnues, à savoir l'épaisseur de ces couches solidifiées et la variation des densités avec

(1) Cet abaissement de température à 0° ou à -1° a lieu pour les mers en communication avec les pôles; mais la loi du refroidissement sous-marin de la croûte terrestre est bien plus générale : elle dépend avant tout des courants verticaux de convection, ascendants et descendants, qui s'établissent si aisément, sur place, dans une nappe liquide soumise au refroidissement. C'est ainsi que, même dans une mer fermée, la température va toujours en décroissant avec la profondeur et répond, au fond, non plus à celle de la glace fondante, mais à peu près à celle de l'hiver dans la région considérée. Alors, au lieu d'une différence de 200° à -1° entre la chaleur continentale et la chaleur sous-marine, vers 6000^m de profondeur, on a une différence de 200° à 15° ou 20° dans les régions les plus chaudes. Cela suffit amplement pour déterminer, dans l'écorce même du globe, une rapidité de refroidissement bien plus grande sous les mers que sous les continents. Cette loi est donc générale et a eu lieu à toutes les époques, même à celle où les froids polaires étaient moins marqués qu'aujourd'hui.

la profondeur; mais ces inconnues devront satisfaire à une condition étroite, celle d'identifier la figure du géoïde avec celle d'un ellipsoïde de révolution dont les éléments sont parfaitement connus aujourd'hui.

» Ce n'est pas tout. De ce fait que l'épaisseur de la croûte sous-marine va en croissant plus vite que celle des continents, il résulte que la première exerce constamment sur le noyau liquide un excès de pression qui se transmet en tous sens dans la masse entière et qui, par sa réaction, soulève peu à peu les parties les plus résistantes, c'est-à-dire les parties déjà émergées. De là les forces géologiques qui ont successivement façonné le relief visible de la Terre. Et puisqu'à chaque époque la compensation susdite a dû s'établir spontanément par le même artifice, il en résulte que la surface mathématique du globe, le géoïde en un mot, a toujours conservé à peu près la même figure. C'était, avant l'encroûtement, un ellipsoïde de révolution aplati : il est resté tel jusqu'à notre époque.

» Ainsi l'alliance de ces deux Sciences aboutit à cette loi remarquable de la constance de la figure mathématique de la Terre à travers toute la série des phénomènes géologiques, et elle nous permettra tôt ou tard, lorsque les données du calcul seront mieux connues, de nous faire une idée nette de l'épaisseur de la croûte solide qui la recouvre actuellement.

» Le débat qui s'est élevé depuis quelques années tient donc à ce que la Géométrie, réduite à ses seules ressources, ne saurait traiter complètement le problème qu'elle s'était posé. Il lui faut recourir aux autres Sciences qui vont un peu plus profondément dans l'étude de la Terre. Alors l'indétermination à laquelle la Géodésie semblait être acculée disparaît, et la discussion aboutit à confirmer, à éclairer d'une vive lumière le résultat de tant de travaux sur la vraie figure de notre globe. »

CHIMIE. — *Sur le déplacement de l'ammoniaque par les autres bases et sur son dosage dans les terres*; par MM. **BERTHELOT** et **ANDRÉ**. (Seconde Note.)

« Nous avons établi que le phosphate ammoniaco-magnésien n'est pas décomposé notablement, en une heure et à 100°, par la magnésie calcinée, et qu'il est décomposé très incomplètement par la chaux; le dernier résultat d'ailleurs avait été déjà observé par M. Boussingault. Il résulte de ces faits que la magnésie ne peut pas être employée avec sécurité pour le dosage de l'ammoniaque, dans l'analyse des terres et autres produits orga-

niques, renfermant des sels doubles ammoniacaux insolubles. Certains dérivés des aldéhydes sont dans le même cas, et il y a lieu de redouter la même chose pour les sels ammoniacaux formés par les acides humiques et congénères.

» Quant à faire précéder l'emploi de la magnésie, soit par un lavage des terres avec l'acide nitrique étendu jusqu'à réaction acide commençante, comme le proposait naguère M. Schlösing, soit par la dissolution des sels insolubles *dans l'acide chlorhydrique pur*, nouveau procédé qu'il emploie avec le phosphate dans sa dernière Note, ces artifices variables soulèvent, tant au point de vue du pouvoir absorbant des terres que de la décomposition des principes amidés peu stables, des réserves que nous avons déjà formulées et que nous maintenons.

» En ce qui touche l'action de la magnésie sur les sels ammoniacaux solubles pris à l'état de pureté, c'est un sujet accessoire dans la discussion actuelle, car leur analyse par la soude est sans difficulté; quelques développements nouveaux sont cependant nécessaires, pour préciser les faits et éviter tout malentendu. Rappelons que nous avons expliqué le défaut d'efficacité de la magnésie par la formation de certains sels basiques et composés complexes, à l'état de dissociation en présence de l'eau : « c'est, » disions-nous, cette dissociation, croissante avec la température, qui règle » en définitive le partage des bases, et, par suite, la tension en vertu de » laquelle l'ammoniaque s'élimine plus ou moins rapidement ».

» Nous avons justifié cette interprétation par de nombreuses expériences, établissant que le déplacement de l'ammoniaque, à froid, par la soude et par la chaux, est ralenti dans certains sels doubles, et que le déplacement de l'ammoniaque par la magnésie, dans certains chlorures doubles et même dans le chlorhydrate d'ammoniaque, demeure incomplet, à froid et même à 100°, *dans les mêmes conditions de temps, de température, d'évaporation de l'eau, où la chaux et la soude opèrent un déplacement total.*

» Nous avons montré d'ailleurs que l'ammoniaque manquante peut être retrouvée par l'emploi de la chaux sodée; ce qui écarte toute supposition d'erreurs commises dans les dosages.

» En tout cas, il résulte de l'explication même qui vient d'être rappelée, comme de la durée limitée à dessein des expériences que nous avons citées, que cette impuissance de la magnésie à éliminer les dernières portions d'ammoniaque est essentiellement comparative et n'a rien d'absolu; attendu qu'elle s'applique à des composés dissociés, dans lesquels l'ammoniaque conserve une certaine tension : nous ne pensions pas avoir

laissé place à quelque malentendu à cet égard. En raison de l'existence de cette tension, si faible qu'elle fût, il était facile de prévoir que l'élimination progressive de l'ammoniaque était une question de temps, de température et de quantités relatives d'eau évaporée.

» M. Schlœsing, dans une Note présentée dans la dernière séance, confirme le retard produit par le chlorure de magnésium et même par le chlorure de calcium; mais il expose qu'il a réussi en définitive à chasser toute l'ammoniaque de son chlorhydrate par la magnésie. Il est probable qu'il a vaporisé dans un temps donné des quantités relatives d'eau plus considérables qu'on n'a coutume de le faire avec la soude, et que nous ne l'avons fait nous-mêmes, et qu'il a réussi ainsi à épuiser la faible tension de l'ammoniaque retenue dans les sels doubles. Il n'y a là, en tout cas, aucune contradiction entre les faits observés de part et d'autre. Les faits mêmes de Mécanique chimique que nous avons exposés ne sont pas contestables.

» Quant à la valeur pratique de semblables procédés de dosage par la magnésie, appliqués à des mélanges complexes, en partie insolubles, de composition mal déterminée, tels que les terres et autres matières azotées, elle est toute relative à la destination de ces matières, et nous en abandonnons l'appréciation aux personnes qui exécutent les essais commerciaux ou agricoles. Dans la plupart des cas de ce genre, l'importance n'en est pas, d'ailleurs, très grande; le dosage des engrais et des terres par la chaux sodée fournissant l'azote total, tant ammoniacal qu'amidé, et le dosage des sels ammoniacaux isolés s'effectuant avec toute sécurité par la soude. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le dosage de l'ammoniaque (suite);*
par M. TH. SCHLÆSING.

« J'ai montré, dans ma Note du 26 juillet, que la distillation sur la magnésie permet d'extraire la totalité de l'ammoniaque de la dissolution de son chlorhydrate, ou de celle du phosphate ammoniaco-magnésien. Pour compléter ma démonstration, il convenait de faire agir la magnésie sur des sels doubles ammoniacaux, et notamment sur les chlorures où entrent le magnésium et le zinc.

» J'ai opéré sur cinq sels doubles : sulfates d'ammoniaque et de magnésie, de zinc, de cuivre; chlorures d'ammonium et de magnésium, de zinc.

» Il m'a paru inutile d'exécuter les analyses complètes de ces sels; il me suffisait d'en faire des dissolutions d'où l'ammoniaque serait extraite comparativement par la potasse et par la magnésie.

» Dans les expériences qui vont suivre, l'hydrate de potasse a été employé, après fusion, à raison de 2^{gr} à 4^{gr}; la magnésie calcinée et lavée, à raison de 2^{gr}; le volume mesuré de dissolution saline a été invariablement de 20^{cc}; le volume total du liquide mis à distiller a varié de 500^{cc} à 600^{cc}; la distillation a duré quarante-cinq minutes; *continué au delà, elle ne fournissait plus une trace appréciable d'ammoniaque.* Lorsque la dissolution saline contenait du zinc ou du cuivre, j'ai ajouté, outre la potasse, assez de sulfure de sodium pour sulfurer le métal et le rendre ainsi plus indifférent à l'égard de l'ammoniaque.

Sulfate d'ammoniaque et de magnésie (sensiblement humide).

On en dissout 25^{gr} dans 1^{lit} :

Ammoniaque dosée	{ avec potasse.....	47 ^{mg} , 38
	{ avec magnésie.....	47 ^{mg} , 46

Sulfate d'ammoniaque et de zinc (un peu humide).

On en dissout 30^{gr} dans 1^{lit} :

Ammoniaque dosée	{ avec potasse et sulfure de sodium.....	50 ^{mg} , 64
	{ avec magnésie.....	50 ^{mg} , 66

Sulfate d'ammoniaque et de cuivre.

On en dissout 25^{gr} dans 1^{lit} :

Ammoniaque dosée	{ avec potasse et sulfure de sodium.....	43 ^{mg} , 96
	{ avec magnésie.....	43 ^{mg} , 86

Chlorure d'ammonium et de zinc (un peu humide).

On en dissout 25^{gr} dans 1^{lit} :

Ammoniaque dosée	{ avec potasse et sulfure.....	83 ^{mg} , 19
	{ avec potasse seule.....	83 ^{mg} , 06
	{ avec magnésie.....	83 ^{mg} , 26

Chlorure de magnésium et d'ammonium.

On en dissout 30^{gr} dans 1^{lit} :

Ammoniaque dosée	{ avec la potasse.....	59 ^{mg} , 29
	{ avec la magnésie.....	59 ^{mg} , 36

» Dans toutes ces expériences, les différences entre les résultats fournis par la potasse, seule ou additionnée de sulfure de sodium, et par la magnésie sont de l'ordre des erreurs que l'on commet en lisant des volumes de liqueurs titrées à l'aide de burettes. Sauf une seule qui s'élève à $0^{\text{mg}}, 2$, ces différences ne dépassent pas $0^{\text{mg}}, 1$; or 10^{cc} de mon acide titré équivalent à 20^{mg} d'ammoniaque; une division de la burette vaut donc $0^{\text{mg}}, 2$ d'alcali, et la demi-division, qui est pour moi la limite d'approximation dans les lectures, vaut précisément $0^{\text{mg}}, 1$, c'est-à-dire la limite des différences observées dans mes dosages comparatifs.

» L'approximation dans la détermination de l'ammoniaque peut aller beaucoup plus loin et atteindre 2 ou même 1 centième de milligramme; mais c'est à la condition que la quantité à doser soit très petite et ne dépasse pas quelques milligrammes. Il est alors possible d'employer des liqueurs titrées très diluées, telles que la demi-division représente environ 1 centième de milligramme d'ammoniaque.

» En définitive, qu'il s'agisse de chlorhydrate d'ammoniaque, de phosphate ammoniaco-magnésien ou de l'un des sels doubles ci-dessus mentionnés, l'emploi de la magnésie pour l'extraction de l'ammoniaque peut être maintenu en toute sécurité. On pourrait bien imaginer tel cas où quelque substance se trouverait capable de former avec l'ammoniaque une combinaison sur laquelle ni la magnésie ni une distillation à 100° n'auraient de prise; mais il ne se présente rien de semblable dans l'analyse des matières agricoles. »

GÉOLOGIE. — *Observations sur les groupes sédimentaires les plus anciens du nord-ouest de la France* (suite); par M. HÉBERT.

II. — CONGLOMÉRATS POURPRÉS ET SCHISTES ROUGES.

« Plusieurs géologues, à partir de Dufrénoy, ont établi que ce nouveau système de couches reposait en discordance complète sur les phyllades de Saint-Lô; mais d'autres, comme Dalimier, ont considéré cette discordance seulement comme locale; d'autres enfin paraissent l'avoir à peu près complètement rejetée, en déclarant ⁽¹⁾ que toutes les assises primaires de la Bretagne sont concordantes, et que nulle dislocation générale ne les a affectées avant la fin de la période carbonifère.

(1) CH. BARROIS, *Soc. géol. du Nord*, t. IV, p. 54; t. XI, p. 282.

» Cette dernière opinion surtout, émise par un savant dont les travaux déjà nombreux sont de nature à inspirer toute confiance, rendait nécessaire une revision attentive de tous les faits cités dans l'un ou l'autre sens. C'est ce que je vais essayer de faire en commençant par la Normandie, où les données sont plus nombreuses et plus nettes. J'aborderai ensuite la Bretagne.

» NORMANDIE : *Manche, Environs de Granville.* — Un peu à l'est de Granville, dans la tranchée de la Hutière (chemin de fer), on voit une série de conglomérats rouges ou pourprés, remplis de galets roulés du quartz gras des phyllades, et alternant avec des schistes de même couleur. Ces couches sont très peu inclinées et occupent la partie supérieure des coteaux, dont la masse est constituée par des phyllades, ceux-ci toujours presque verticaux dans toute cette région.

» A 3^{km} à l'est de cette tranchée, au moulin d'Aze, une carrière est ouverte dans les mêmes schistes rouges, alternant avec des lits de poulingues à petits éléments.

» Ces conglomérats, très distincts de celui de Granville par leur nature, sont donc en ce point en discordance complète avec le système des phyllades.

» *Villedieu.* — A la gare de Villedieu, on peut voir les schistes et grès rouges surmontant les conglomérats pourprés. Le tout plonge au nord de 30° environ et repose sur le granite qui affleure au sommet de la côte, sur la route d'Avranches.

» Dufrénoy a donné⁽¹⁾ de la même localité une coupe qui, prise peut-être sur un autre point, diffère de la mienne ; mais toutes deux conduisent à la même conclusion : *la discordance entre le système des conglomérats pourprés et celui des phyllades.*

» *Guilberville.* — Dufrénoy⁽²⁾ a donné une autre coupe montrant également une discordance complète entre les deux systèmes, à Guilberville, sur la route de Vire à Saint-Lô. Bien que je n'aie pu reconnaître le contact, il est impossible de douter de cette discordance, puisque les phyllades se montrent verticaux dans les fossés de la route en approchant de Torigny, et que les grès qui succèdent, en concordance, aux schistes rouges et aux conglomérats pourprés, sont exploités à peu de distance, sous le

(1) *Ann. des Mines*, 3^e série, t. XIV, p. 394.

(2) *Loc. cit.*, p. 358.

signal de Guilberville, où ils ont une inclinaison au sud-est de 30° à 35° seulement.

» *Coutances*. — Près de Coutances, route de Hyenville, on retrouve les conglomérats pourprés, ici de couleur très foncée, et en contact avec l'arène syénitique. Ils renferment des galets du quartz noir exploité à peu de distance dans les phyllades, et reposent, à la Feuillie, sur les phyllades presque verticaux.

» Dans cette région et jusqu'au nord du département, les conglomérats deviennent des arkoses, recouverts toujours par les schistes rouges, puis par les grès armoricains.

» *La Hague*. — A Omonville et sur la route de Cherbourg, le phyllade granulitisé, vertical, est recouvert par des grès arkoses, en couches peu inclinées, dont les éléments détritiques proviennent du phyllade.

» Près de Gréville, l'arkose contient des galets roulés; elle est également presque horizontale et repose en discordance sur les phyllades, décomposés à la surface.

» *La Hougue*. — Le contact des deux systèmes se voit encore très bien au nord-est du Cotentin, dans la Hougue.

» Cette pointe du Cotentin est un massif de granite, et surtout de granulite. Au sud-ouest de ce massif, les phyllades de Saint-Lô apparaissent, formant la plaine de Quettehou et la région basse qui entoure le haut plateau de la Pernelle, aussi bien que la plus grande partie du coteau de la Pernelle à Vicel.

» Le contact avec les poudingues pourprés apparaît à la base de grandes carrières ouvertes sous l'église de la Pernelle. On peut y relever la succession suivante, de bas en haut :

» 1° Phyllade compact, quelquefois feuilleté, bleu, *vertical*, avec nombreux filons de quartz, fortement modifié;

» 2° Poudingue compact, *presque horizontal*, avec un banc d'argile de 0^m,50 intercalé, épaisseur 3^m,50;

» 3° Grès rouge alternant avec des schistes rouges, jaunes, etc., 4^m;

» 4° Grès feldspathiques, exploités au-dessus de Vicel, en bancs peu épais, avec lits argileux, formant le plateau, plongeant à l'est de 20°, épaisseur, 8^m.

» La discordance est donc ici aussi forte que dans le reste du département.

» *Calvados*. — Les buttes de Clécy, dans le Bocage normand, ont été citées par Dufrénoy comme un bon exemple de discordance entre les phyl-

lades et les poudingues de couleurs variables. Ce fait a été confirmé par une autre coupe des plus probantes, prise dans la même région, entre Feuguerolle et Urville, et publiée par M. Renault (¹).

» Cette coupe, dont j'ai vérifié l'exactitude, présente une disposition remarquable. Elle est dirigée du nord au sud et ses deux extrémités sont constituées par les assises bien connues du terrain silurien fossilifère, qui reposent en concordance sur les grès feldspathiques, dont les schistes, les grès rouges et les conglomérats pourprés forment la base. Au centre, se montrent les phyllades et grauwackes de Saint-Lô, verticaux. De chaque côté, les assises du système supérieur, parfaitement stratifiées, plongent en sens inverse de 50° en moyenne. Ces couches se sont déposées horizontalement sur la tranche des phyllades. Un mouvement de flexion, qui a relevé la partie centrale phylladienne, les a brisées et leur a donné leur position actuelle.

» Le contact des deux systèmes est très net au Rocreux, où le conglomérat pourpré renferme de nombreux et très volumineux galets roulés de quartz.

» BRETAGNE : *Côtes-du-Nord*. — Nous avons vu que les phyllades de Saint-Lô se retrouvent à Saint-Brieuc; ils s'étendent dans toute la contrée avec leur forte inclinaison, avoisinant la verticale. Dufrénoy et M. de Fourcy ont signalé ce fait qu'au nord-ouest, vers Paimpol, ils sont recouverts par le conglomérat rouge, de même qu'au nord-est, à la pointe d'Erquy, que j'ai visitée. Ici, les conglomérats rouges et à galets de quartz, de 30^m d'épaisseur, recouverts par des schistes rouges, puis par des grès siliceux (20^m), constituent un ensemble régulièrement stratifié, très peu incliné à l'horizon; il est limité à la partie supérieure par un deuxième conglomérat (5^m) à gros éléments, provenant du poudingue rouge et du grès siliceux, qui remplace les grès feldspathiques de la Laize.

» Au-dessus, sous le sémaphore, vient le grès armoricain.

» *Finistère*. — Le système des phyllades se prolonge, comme on sait, à l'est de la baie de Douarnenez par Plonévez, vers Gourin, où il est très développé et exploité. Ce bourg est bâti sur les phyllades. Des affleurements nombreux et plusieurs carrières permettent de bien juger de leurs caractères et de reconnaître leur identité avec ceux de Saint-Lô. Ils fournissent de belles dalles et ont constamment la disposition verticale. Nulle

(¹) *Société linnéenne de Normandie*, t. VII; 1883.

part, sur un espace de plusieurs kilomètres autour de Gourin, je n'ai pu voir de bancs de poudingues intercalés dans des phyllades.

» Ayant reconnu, chez l'agent voyer, un de ces galets, rouges à la surface, de quartz blanc laiteux qui caractérisent le conglomérat pourpré, j'ai visité la carrière où il avait été recueilli, à 3^{km} au sud de Gourin, à Pontergols. On exploite dans cette carrière un filon de quartzite au milieu des phyllades; le galet ne pouvait provenir que du terrain superficiel remanié. Aussi, en revenant sur nos pas, nous pûmes constater, dans les fossés de la route, avec M. Louis Bureau qui m'accompagnait, un petit affleurement de poudingue, au sommet de la côte, devant le hameau de Quistinit, à l'altitude de 190^m. Ce lambeau, étant superficiel, est remanié et mélangé de fragments de schiste; il est rougeâtre et paraît horizontal.

» J'ai voulu voir si je retrouverais ce conglomérat au nord de Gourin, à la base de la série silurienne. Nous l'avons rencontré, en effet, sur la route de Châteauneuf; après un espace de 3^{km}, entièrement constitué par les phyllades, nous avons découvert, dans le fossé de la route, un petit affleurement d'un poudingue rouge, à galets de quartz blanc, à l'altitude de 180^m. Ce poudingue paraît horizontal et en concordance avec le grès exploité au Clunbras.

» Une grande faille interrompt brusquement ici la continuité des couches. On se trouve au milieu des grès à bilobites tout disloqués, lesquels précèdent des carrières d'ardoises ouvertes dans le silurien moyen.

» La présence à environ 5^{km} de distance, du nord au sud, de ces deux lambeaux de conglomérats pourprés presque exactement à la même altitude, au-dessus d'une vaste région composée de phyllades verticaux, m'a paru suffisante pour légitimer la discordance établie par Dufrénoy entre les deux groupes et, par suite, le *système de dislocation du Finistère*, créé par Élie de Beaumont, qui s'est appuyé précisément sur la localité de Gourin.

» Il est vrai que, d'après M. Barrois, *les phyllades de Gourin alterneraient à 7^{km} ou 8^{km} plus à l'est, avec des bancs de conglomérats*. Cette observation, qui semble en opposition avec tout ce qui précède, mérite d'être l'objet du plus sérieux examen : 1^o A-t-on vraiment affaire aux phyllades de Gourin ou bien à d'autres schistes ramenés par la faille au contact de ces derniers; 2^o quels sont ces poudingues que M. Barrois assimile à la fois à ceux de Granville et aux conglomérats de Rhétiers (1), c'est-à-dire à

(1) Les poudingues de Rhétiers sont assimilés par M. Barrois (*Société géologique*

deux dépôts d'âges différents? Le peu de temps dont je disposais ne m'a pas permis de faire cet examen; j'espère que d'autres le feront prochainement.

» *Schistes de Rennes.* — Il est possible que cette série alternante de schistes et de poudingues, à l'est de Gourin, soit le prolongement, de l'est à l'ouest, de la série analogue de Montfort et de Rhétiers près de Rennes. Dans ces dernières localités, il est facile de reconnaître que les schistes sont tout à fait différents des phyllades. Il suffirait pour cela de lire attentivement les excellentes descriptions qu'en a données M. Lebesconte, qui a bien voulu me les faire examiner sur place.

» Les schistes de Rennes sont rarement homogènes; ils ne présentent pas en général ces plans réguliers de clivage si fréquents dans les phyllades: on y trouve de véritables bancs de grès, qu'on ne voit jamais dans les phyllades; ils sont fréquemment couverts de traces organiques ou mécaniques, dont je n'ai aperçu qu'un seul exemple dans les phyllades, au cap Rosel.

» Dalimier, dans un Mémoire qui renferme d'ailleurs des données très judicieuses, a eu tort de considérer les schistes de Rennes comme les équivalents des phyllades de Saint-Lô ⁽¹⁾: ceux-là forment avec les grès qu'ils contiennent la base du système des conglomérats pourprés, dont on ne saurait les détacher, tandis que les phyllades de Saint-Lô n'ont aucun représentant dans cette région.

» Réciproquement, les *schistes verts de Rennes*, base des conglomérats avec lesquels ils alternent, diminuent et disparaissent vers le nord de la Bretagne et en Normandie.

» Des observations qui précèdent, on peut conclure que le sol de la Bretagne septentrionale, au nord d'une ligne tirée de Quimper à Rennes, et celui de la partie occidentale de la Normandie, au nord d'une ligne tirée de Pontorson à Domfront et à Falaise, ont pour principaux éléments constitutifs:

- » 1° A la base, les phyllades de Saint-Lô verticaux;
- » 2° Au-dessus, les conglomérats pourprés, les schistes et grès rouges presque horizontaux.
- » C'est la conclusion formulée par Dufrénoy en 1835. »

du Nord, t. XI, p. 282, note; 1884) aux poudingues granitiques de Granville, tandis qu'ils correspondent aux conglomérats quartzeux et pourprés de Saint-Planchers.

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. XX, p. 141; 1863.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de cristaux microscopiques de minéraux du groupe des feldspaths, dans certains calcaires jurassiques des Alpes.* Note de M. CH. LORY.

« La plupart des calcaires du terrain jurassique de la région des Alpes françaises laissent, quand on les traite par l'acide chlorhydrique étendu, un résidu formé d'un mélange d'argile et d'une partie grenue, ayant l'aspect d'un sable fin. Examiné, au microscope, ce résidu montre, en effet, dans le plus grand nombre des cas, beaucoup de quartz en menus débris; mais souvent aussi on y aperçoit des cristaux de quartz bipyramidés très nets et d'autres cristaux dont les formes se rapportent manifestement au système clinorhombique ou au système triclinique. Ces cristaux sont inattaquables par les acides chlorhydrique et azotique concentrés, et aussi par les solutions alcalines bouillantes. Chauffés au rouge naissant, ils conservent leurs formes et leur transparence et ne se déforment, par fusion, qu'à une température très élevée.

» Ces cristaux, associés à ceux de quartz bipyramidé, se trouvent particulièrement en abondance dans les concrétions noduleuses ou géodiques de certaines assises, et surtout dans les parois des géodes que l'on rencontre fréquemment dans les marnes *oxfordiennes* du Dauphiné et des Basses-Alpes et qui sont connues par leurs jolis cristaux limpides de quartz bipyramidés (géodes de Meylan, près Grenoble, de Die et de Rémusat (Drôme), des environs de Digne, etc.). Le résidu fin de la dissolution de ces concrétions dans l'acide chlorhydrique contient généralement peu de quartz en menus débris, et est formé surtout d'argile, de quartz en petits cristaux bipyramidés et des cristaux prismatiques en question. Ces minéraux sont accompagnés de bisulfure de fer et d'une matière bitumineuse, dont on se débarrasse par l'action de l'acide azotique et une calcination modérée; on peut aussi, par lévigation, éliminer la plus grande partie de l'argile.

» En appliquant à la matière ainsi préparée les méthodes ordinaires d'essais et d'analyse, on constate facilement que ses éléments sont : 1° la *silice*, très prédominante; 2° l'*alumine*; 3° la *potasse*, avec plus ou moins de *soude*, et de minimes quantités de chaux et de magnésie.

» Les cristaux, autres que ceux de quartz, se présentent sous la forme de prismes obliques très surbaissés, posés sur leur base *p*, très prédomi-

nante, et toujours modifiés par les faces g' , de telle sorte que les bases offrent la forme d'hexagones allongés suivant pg' . En mesurant les angles de ces hexagones, on trouve que les quatre angles adjacents aux longs côtés pg' sont d'environ 123° et les deux autres de 113° ; on sait que l'angle plan de la base de l'orthose est de $113^\circ 15'$.

» En lumière polarisée, ces lames s'éteignent parallèlement à leur longue arête pg' ; et cette arête correspond à l'axe de plus grande élasticité optique de la lame. M. Michel Lévy, qui a bien voulu, dernièrement, examiner avec moi ces cristaux, a constaté qu'en lumière convergente leurs faces p se montrent à peu près parallèles au plan des axes optiques et que l'arête pg' est sensiblement parallèle au plus grand axe d'élasticité optique. Souvent deux cristaux sont accouplés par leurs longues arêtes pg' , mais ils s'éteignent simultanément et se comportent absolument de même.

» Cet ensemble de caractères concourt à établir que les cristaux en question peuvent être rapportés à une variété d'*orthose*, peu commune dans la nature, mais précisément une de celles qui ont été obtenues artificiellement, par voie hydro-thermale, dans les importantes recherches de MM. Friedel et Sarrazin. Ce rapprochement confirme, d'une manière frappante, les idées que l'on peut se faire sur les conditions dans lesquelles se sont formés nos petits cristaux.

» Parfois, ils se montrent accompagnés d'autres cristaux prismatiques, dont l'extinction, en lumière polarisée, a lieu sous un angle de quelques degrés avec l'arête pg' et qui présentent des traces de macles, les deux parties ne s'éteignant pas simultanément. Il y a lieu de penser que ceux-ci doivent être attribués à l'*albite*. On sait que ce dernier feldspath se rencontre en cristaux bien nets et assez grands dans les calcaires magnésiens du *trias* des environs de Modane, et j'ai indiqué depuis longtemps sa présence très ordinaire, en cristaux microscopiques, dans les calcaires *triasiques* de la région alpine.

» Quoique l'on ne puisse pas attendre des résultats bien définis d'une analyse faite sur le mélange complexe où se trouvent les petits cristaux qui font l'objet de cette Note, je crois devoir indiquer les résultats que j'ai obtenus avec un mélange des résidus de plusieurs échantillons des géodes des marnes *oxfordiennes* des environs de Grenoble. En opérant sur 1^{er},002, par la méthode d'analyse de H. Sainte-Claire Deville, j'ai trouvé :

» Silice, 0,809; alumine, avec traces d'oxyde ferrique, 0,117; chaux, 0,0028; magnésie, 0,0032; potasse, 0,0443; soude, 0,0213; total : 0^{gr},9976.

» Ces résultats peuvent se représenter, *à peu près*, par :

» 47 pour 100 d'*orthose* potassique et sodique, mêlé d'un peu d'*albite*;

» 45 pour 100 de *quartz*, en cristaux bipyramidés, et aussi en menus débris;

» 8 pour 100 d'*argile*, d'une composition analogue à celle des pierres à chaux hydraulique du même étage.

» J'ai constaté l'existence des cristaux microscopiques de la même variété d'*orthose* dans un ensemble d'assises jurassiques de la région subalpine du Dauphiné correspondant aux étages *bajocien*, *bathonien*, *callovien* et *oxfordien*, jusqu'aux couches exploitées pour ciments hydrauliques dans ce dernier (zone à *Ammonites canaliculatus*). Cet ensemble représente, aux environs de Grenoble, une épaisseur d'au moins 600^m. Jusqu'ici, je ne les ai pas rencontrés au-dessus, c'est-à-dire dans les calcaires compacts à *Ammonites polylocus*, etc., ni dans les couches *tithoniques*.

» Il est intéressant de remarquer que ces petits cristaux feldspathiques se rencontrent dans un ensemble d'assises situées généralement en dehors des zones alpines, et qui ne montrent nulle part des traces d'injections éruptives ni d'un métamorphisme bien apparent. La plupart sont fossilifères et celles de l'étage *oxfordien* surtout ne diffèrent guère de l'aspect qu'elles ont dans le Jura méridional : les calcaires *bathoniens* de Corenc, près Grenoble, sont encore nettement oolithiques et j'y ai trouvé des cristaux microscopiques d'*orthose* dans un moule d'Ammonite. Quant au *lias*, qui appartient aux zones alpines du Dauphiné et de la Savoie, on y rencontre fréquemment de petits cristaux de quartz bipyramidés; les cristaux feldspathiques y paraissent plus rares; quelques localités m'ont paru en offrir, avec des caractères différents de ceux que j'ai décrits ci-dessus. J'espère que je pourrai en faire l'objet d'une autre Communication à l'Académie, et tâcher, en même temps, de préciser les conditions géologiques qui paraissent avoir favorisé la formation de ces cristaux. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les travaux entrepris en Tunisie par M. le commandant Landas, à la suite de la mort du colonel Roudaire.* Note de M. DE LESSEPS.

« J'ai informé l'Académie, il y a environ dix-huit mois, de la perte que la Science avait faite d'un officier d'état-major dont les remarquables travaux sur l'établissement d'une mer intérieure en Tunisie avaient, à diverses reprises, reçu l'approbation de nos Collègues.

» La mort du colonel Roudaire, survenue le 14 janvier 1885, n'a cependant point arrêté la réalisation de son gigantesque projet. Un des officiers les plus distingués du service d'état-major, M. le commandant Landas, qui fut autrefois l'adjoint, puis le successeur de Roudaire à la chaire de Topographie de l'École de Saint-Cyr, a été placé, par autorisation du gouvernement, à la tête de la mission du Sahara tunisien.

» En quelques semaines, il s'est mis au courant des travaux exécutés par son prédécesseur, et, après avoir étudié la question sous toutes les formes, il a résolu de passer immédiatement de la période d'études à la période d'exécution.

» Je rappellerai brièvement quel était le projet de Roudaire, et je vous dirai ensuite ce que veut faire le commandant Landas.

» Après de longues années passées à des travaux de nivellement, de sondages et d'expérimentations de toutes sortes, François Roudaire s'était assuré que les quatre chotts Fedjedj, Djerid, Rharsa et Melrir, au sud de la chaîne de l'Aurès et se trouvant à 24^m environ au-dessous du niveau de la mer, pouvaient, au moyen d'un canal, former une mer intérieure dont l'influence sur le climat et la fertilisation de ces contrées serait considérable.

» Qu'on juge, en effet, de l'évaporation qui pourrait se produire, quand on saura que la superficie de cette mer intérieure serait de 8200^{kmq}, c'est-à-dire une superficie égale à quatorze fois et demie celle du lac de Genève, qui n'est que de 577^{kmq} !

» En présence des dépenses que devait occasionner l'exécution du canal destiné à inonder les chotts Rharsa et Melrir, nous avons résolu de retourner la question.

» Aujourd'hui, la mer intérieure africaine n'est plus le point de départ.

» En parcourant, l'an dernier, la province de l'Arad (province de Gabès), M. Landas fut frappé de rencontrer des vestiges de la civilisation romaine; c'étaient presque partout des ruines d'aqueducs dont les Romains se servaient pour arroser leurs cultures.

» C'est alors que M. Landas eut l'idée de cultiver d'abord toutes ces terres extrêmement fertiles, se proposant ensuite d'employer une partie des bénéfices que donneraient ces cultures au creusement du canal destiné à inonder les chotts Melrir et Rharsa. Une concession a été accordée à une Société de fondateurs pour l'exploitation de tous ces terrains qui seraient fécondés par notre industrie, par des puits artésiens.

» Nous nous sommes préoccupés tout d'abord d'un emplacement, et comme le canal de la mer intérieure devait avoir pour amorce un port

sur la côte, nous avons choisi, par suite des études hydrographiques déjà commencées avec M. Roudaire au nord de Gabès, l'embouchure de la petite rivière (l'oued Melah) dont les eaux ont creusé un chenal et une baie jusqu'à la mer.

» Dans cette partie du golfe de la Syrte, la pente du terrain est tellement douce, qu'à 1^{km} du rivage on n'a que 6^m de fond, de sorte que la plupart des grands bâtiments de commerce, les paquebots-poste français entre autres, ne peuvent approcher tout au plus qu'à un mille et demi environ (soit 2780^m), et par les vents d'est il ne leur est pas possible de débarquer ou de prendre des passagers et des marchandises.

» Après avoir ainsi déterminé le futur emplacement du port, M. Landas, avec les ressources dont il disposait, put acquérir une étendue de terrain d'environ 2000^{ha} et se mit immédiatement à l'œuvre; il commença une série d'études dont le résultat, au mois de mai 1885, fut le creusement d'un puits artésien sur la rive gauche de l'oued Melah, à 11^m du bord de la mer.

» A 90^m de profondeur, on atteignit une nappe dont l'eau jaillit à une hauteur de 4^m, 70 à la température de 22°. Le débit de ce puits, à partir du mois de mai 1885 jusqu'au mois de juin 1886, fut, par minute, de 8000^{lit}. Aujourd'hui, M. le commandant Landas, qui est retourné il y a six semaines dans la province de l'Arad, m'apprend qu'il est en train de creuser un second puits sur la rive droite de l'oued Melah, et que le premier, celui de la rive gauche, donne à l'heure présente, grâce à quelques améliorations, un débit moyen de près de 9000^{lit} par minute; ce qui lui permet déjà d'irriguer un peu plus de 500^{ha}, c'est-à-dire une superficie de terrain égale à quinze ou seize fois le Champ de Mars.

» Grâce à ces travaux, les rives de l'oued Melah, désertes il y a quinze mois, ont aujourd'hui une petite population qui s'accroît peu à peu chaque jour; et des maisons, des baraquements, des hangars, un restaurant même ont été déjà construits.

» M. le commandant Landas est donc entré dans la période d'exécution; grâce à son activité et à ses profondes connaissances, une région inculte va devenir fertile, un port va s'élever, et dans quelque temps nous apprendrons que le premier coup de pioche a été donné au canal qui doit mener les eaux de la mer dans les chotts Melrir et Rharsa, créant ainsi une mer intérieure africaine dont les études ont été bien préparées.

» Il ne faut pas oublier que le maréchal Bugeaud avait dit que la civilisation de l'Afrique française viendrait par le fond, c'est-à-dire par les eaux souterraines.

» Comme question scientifique, on peut calculer depuis combien de siècles les fleuves qui se rendaient de l'intérieur sur le bord de la mer y arrivent maintenant par le fond, à cause des soulèvements de terres qui ont été observés sur la côte d'Afrique et sur les côtes de Sardaigne, »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de deux Membres qui seront chargés de la vérification des comptes de l'année 1885.

MM. CHEVREUL, MOUCHEZ réunissent la majorité des suffrages.

RAPPORTS.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les expériences de M. Marcel Deprez relatives au transport de la force entre Creil et Paris.* Note de M. MAURICE LÉVY.

« § 1. *Objet de cette Note.* — Une Commission composée, en partie, de membres de l'Académie, en partie d'ingénieurs, a, sur la demande de MM. de Rothschild et d'accord avec notre Confrère M. Marcel Deprez, accepté la mission de constater les résultats actuellement obtenus, par lui, dans ses expériences de transport de la force entre Creil et Paris.

» Cette Commission, dont la présidence d'honneur a été décernée à M. de Freycinet, membre de l'Académie, et la présidence effective à M. le Secrétaire perpétuel J. Bertrand, a confié le soin de la préparation et de la rédaction de son Rapport à une Sous-Commission ainsi composée :

<i>Président :</i>	M. J. BERTRAND
<i>Membres :</i>	MM. BECQUEREL,
	COLLIGNON,
	CORNU,
	LAUSSEDAT,
	MAURICE LÉVY,
	A. SARTIAUX (¹).

(¹) M. Léon Lévy, ingénieur au corps des mines, a rempli les fonctions de secrétaire.

» Sur l'avis de M. le Secrétaire perpétuel, j'ai l'honneur de rendre compte à l'Académie des travaux de cette Sous-Commission, dont j'ai eu l'honneur d'être le rapporteur.

» Il est nécessaire, pour cela, de rappeler d'abord brièvement le but poursuivi par M. Deprez et les dispositions essentielles de son projet.

» § 2. *Objet des expériences.* — Le but, dans le principe, a été celui-ci : prenant 200^{chx} de force motrice à la station de Creil, sur la ligne du Nord, les transmettre électriquement à la gare de la Chapelle, soit à 56^{km} de distance, avec un rendement industriel de 50 pour 100.

» La force motrice devait être fournie à Creil par deux machines locomotives et transmise à l'aide d'une seule machine dynamo-électrique génératrice. Elle devait être recueillie à Paris par deux machines réceptrices.

» Par des raisons d'ordre administratif, et indépendantes de la volonté de M. Deprez, une seule de ces deux machines ayant été construite, on ne peut recevoir à Paris que 50^{chx} en en prenant 100 à Creil.

» § 3. *Causes des succès d'abord obtenus.* — Les expériences, préparées avec le concours d'une Commission d'ingénieurs (1), se poursuivent depuis le mois de novembre 1885.

» Les débuts, on se le rappelle, n'en furent pas heureux ; il peut toutefois être instructif d'en retenir ce fait, que les succès qu'on y a rencontrés ont tous eu la même cause : une exécution vicieuse ou trop imparfaite des anneaux de la génératrice.

» La génératrice de Creil, comme la réceptrice de Paris, comporte deux anneaux Gramme, montés sur un même arbre et assemblés en tension.

» Dans les machines Gramme, le noyau en fer doux sur lequel s'enroule le circuit de l'anneau est le plus souvent en fils de fer.

» M. Marcel Deprez a préféré adopter, pour cet organe, des rondelles en tôle mince, isolées les unes des autres par du papier paraffiné.

» Dans les premiers anneaux fabriqués, on a bien isolé les rondelles de cette façon, mais imparfaitement ; quant aux boulons de serrage qui traversaient toutes les rondelles, on les avait simplement recouverts d'une couche de vernis à la gomme-laque, ce qui était suffisant au point de vue électrique, mais non au point de vue mécanique ; le vernis a été brisé pendant l'opération de l'enfoncement des boulons. Aussi, dès les premiers

(1) Cette Commission est ainsi composée :

Président : M. COLLIGNON,

Membres : MM. ARON, BARON, CAIL, CONSTANTIN, DELEBECQUE et ALBERT SARTIAUX.

essais, il s'est produit, dans toute la masse de fer, des courants de Foucault formidables qui ont absorbé la presque totalité de la force motrice. Le rendement était presque nul.

» *Première réfection des anneaux de la génératrice.* — On s'est alors déterminé à faire de nouveaux anneaux avec noyaux en fil de fer. Le rendement a été meilleur. Mais, comme on s'était borné à entourer les fils de deux couches de soie et d'une couche de coton, sans que le tout fût imbibé de gomme-laque; que, de plus, l'enroulement des fils n'avait pas été fait de façon à éviter de grandes différences de potentiel entre les fils voisins, on a eu de fréquentes avaries.

» Ce sont ces anneaux qui ont fonctionné lors de la visite de l'Académie des Sciences, faite le 5 décembre dernier.

» Ce jour-là, une pluie avec rafales a, comme on sait, mêlé le fil de la ligne avec les fils télégraphiques. Il en est résulté des décharges ressenties à la Chapelle, ainsi qu'au bureau télégraphique de l'Artillerie à Saint-Denis où deux appareils ont été brûlés. Les anneaux ont été mis hors de service et l'on a dû interrompre l'expérience.

» *Réfection définitive des anneaux de la génératrice.* — A la suite de cet incident, M. Deprez s'est décidé à reconstruire à nouveau ses anneaux, en revenant cette fois à son idée première de former les noyaux avec des rondelles en tôle, mais en ayant soin d'entourer chaque boulon de serrage d'un tube en caoutchouc durci.

» En même temps, pour éviter des remaniements trop grands des machines, les diamètres des anneaux, prévus d'abord de 1^m,40, furent réduits à 0^m,78; la vitesse de marche prévue de 400 tours fut sagement réduite à 200.

» Les bobines furent fabriquées par secteurs occupant chacun $\frac{1}{7}$ de la circonférence et enroulées par couches d'un seul fil continu, de façon à ne mettre en contact que des fils à faible différence de potentiel.

» D'autre part, pour la facilité de la fabrication, les noyaux en tôle ne sont plus constitués d'une seule pièce, mais de deux secteurs dont l'un occupe les $\frac{6}{7}$ de la circonférence et laisse, par conséquent, une lacune égale à $\frac{1}{7}$, par laquelle on peut enfiler six des sept bobines formant l'enroulement de l'anneau, comme on enfle des perles dans un chapelet.

» On a ainsi constitué les $\frac{6}{7}$ de l'anneau. Le dernier septième est posé tout d'une pièce avec son noyau, à la façon d'une clef de voûte.

» Ces dispositions ont, au point de vue industriel, le précieux avantage, non seulement de simplifier la fabrication première des anneaux, de les rendre très robustes et très résistants, mais aussi de permettre de faire rapidement la réparation des avaries qui pourraient se produire.

» Si un fil vient à être brûlé, il suffit de remplacer le secteur dont il fait partie; et, comme les secteurs sont tous pareils, on en fabrique d'avance un certain nombre formant pièces de rechange qu'on pose sans difficulté et sans avoir à refaire tout l'anneau.

» C'est avec l'introduction de ces divers perfectionnements qu'a pris fin la période des essais infructueux, des accidents sans cesse renouvelés, et qu'a commencé une période de marche sage, lente et assurée.

» Les nouveaux anneaux fonctionnent depuis le mois de février dernier de la façon la plus satisfaisante, fournissant des marches de cinq, six et jusqu'à neuf heures consécutives, sans avarie et en ne s'échauffant que d'environ 47° ⁽¹⁾.

» § 4. *Inducteurs de la génératrice.* — Les inducteurs de la génératrice sont formés par huit électro-aimants en fer à cheval placés dans des plans passant par l'axe des anneaux, deux à deux diamétralement opposés, de sorte que leurs épanouissements polaires embrassent bien les circonférences des anneaux ⁽²⁾.

» L'emploi de deux anneaux avec électro-aimants en fer à cheval est très avantageux, en ce qu'on évite par là tout pôle conséquent. Les seules surfaces polaires qui existent sont celles qui épousent le pourtour des anneaux, de sorte que tous les pôles sont parfaitement et complètement utilisés.

» Cette disposition avait déjà été adoptée par M. Marcel Deprez dans l'excellente machine qui a servi dans ses précédentes expériences de la gare du Nord. Seulement, là, il n'avait employé que deux électro-aimants au lieu de huit.

» On peut se demander laquelle des deux dispositions est la meilleure. Y a-t-il avantage ou inconvénient à multiplier le nombre des électro-inducteurs ?

(1) Ce chiffre de 47° ne résulte pas d'une mesure thermométrique directe qu'il serait impossible de faire dans la masse profonde des fils. Mais la résistance des anneaux, qui, à froid, est de 38 ohms, s'élève, après une journée de marche, à 45 ohms, soit une augmentation de 7 ohms ou des $\frac{7}{38} = 0,184$ de sa valeur.

Or, la résistance du cuivre s'accroît des 0,40 de sa valeur environ pour un accroissement de température de 100° , d'où résulte ici un accroissement de température de $\frac{100^{\circ} \times 0,184}{0,40} = 46^{\circ},5$, soit 47° environ.

(2) Il y a toutefois dans la machine de Creil un peu trop d'écart entre la périphérie des anneaux et les surfaces polaires des inducteurs; moyennant un peu plus de précision dans la construction, on pourra diminuer cette distance, ce qui augmentera les effets du champ magnétique.

» La question se pose ainsi :

» Voulant consacrer aux inducteurs une longueur donnée de fil de cuivre d'une section et, par suite, d'une résistance également donnée, est-il préférable de répartir ce fil sur un grand nombre d'électro-aimants de petit calibre ou d'adopter la disposition contraire?

» La théorie des solénoïdes se prononce pour cette dernière solution, puisque, pour un solénoïde de longueur donnée, avec enroulement d'un volume donné, le fil dépensé ne croît que proportionnellement au rayon du solénoïde, tandis que les surfaces polaires obtenues croissent comme le carré de ce rayon.

» Il convient donc, et c'est là ce qui a guidé M. Deprez dans la construction de ses machines, d'employer, autant que les sujétions de la construction le permettent, de gros électro-aimants en petit nombre, pour obtenir un champ magnétique à bon marché. Nous verrons d'ailleurs que l'expérience confirme bien, sur ce point, les prévisions de la théorie.

» § 5. *Machine dynamo-réceptrice.* — La machine dynamo-réceptrice placée à la Chapelle est de dimensions un peu plus restreintes que la génératrice, puisqu'elle ne reçoit que la moitié environ de la force consommée à Creil. Les noyaux de ses anneaux sont en fil de fer, ce qui tient à ce qu'elle a toujours très bien fonctionné, de sorte qu'on n'a pas eu de raison d'y remplacer, comme on l'a fait pour la génératrice, le fil de fer par des rondelles en tôle.

» Sauf ces différences, les deux machines sont conçues dans le même esprit.

» § 6. *Fil transmetteur. Inutilité et danger possible de l'isoler sur toute sa longueur.* — La distance du transport étant de 56^{km}, le fil transmetteur, aller et retour, a une longueur totale de 112^{km}. Il est en bronze siliceux de 5^{mm} de diamètre. Sa résistance est de 97^{ohms},45, c'est-à-dire celle d'un fil télégraphique ordinaire d'environ 10^{km} de longueur.

» Dans le principe, on l'avait entouré, sur les deux tiers de sa longueur, d'une enveloppe en chanvre trempée dans de la résine, et elle-même enfermée dans un tube de plomb.

» Cette précaution n'a pas empêché l'accident dont nous avons parlé plus haut, survenu le jour de la visite de l'Académie. Et, en effet, lorsque, par un coup de vent, les fils télégraphiques viennent à frapper le fil de la ligne, la violence du choc peut déchirer le plomb et produire, par suite, le contact, que le tube de plomb avait pour objet d'éviter.

» Cette précaution ne sert donc de rien et, comme le poids du plomb conduit à augmenter la flèche du fil, afin qu'il ne soit pas soumis à une

tension élastique capable de le rompre, elle a simplement pour effet de faciliter les rencontres des divers fils et, par suite, de multiplier les accidents.

» D'autre part, le chanvre placé entre le cuivre et le plomb peut, dans des temps très humides où l'isolement de la ligne ne serait pas parfait, se trouver exactement dans le cas du diélectrique d'un condensateur, par exemple, du verre placé entre les armatures intérieure et extérieure d'une bouteille de Leyde, et il peut en résulter des condensations électriques dangereuses.

» Ainsi, à tous les points de vue, les précautions prises pour éviter les accidents se trouvent aller à l'encontre de leur but. Il y a donc lieu de penser que la meilleure solution consiste à laisser le fil nu. Il en résultera naturellement une importante économie dans le prix de son établissement et toute économie non contraire à la sécurité publique doit être acceptée et encouragée, puisque c'est une facilité donnée aux applications industrielles du transport de la force.

» *Seules précautions proposées pour le fil.* — Les seules précautions qu'il paraisse utile de prendre pour le fil sont celles-ci :

» 1° L'isoler fortement à son entrée et à sa sortie des machines, c'est-à-dire là où il est à portée de la main ;

» 2° Partout ailleurs le placer à une hauteur telle qu'il soit inaccessible ;

» 3° Le placer à une distance assez grande des fils télégraphiques et surtout des fils téléphoniques, pour éviter d'une manière absolue, non seulement tout mélange, mais tout effet d'induction.

» Une distance de 0^m,75 à 1^m paraît suffisante pour ce but lorsqu'on emploie, comme dans les expériences de Creil, un fil de retour.

» Si, ce qui serait infiniment désirable et important, ce que nous souhaiterions vivement, on entreprenait des expériences de transport, sans fil de retour, la distance à observer serait naturellement beaucoup plus grande et ne pourrait être fixée que par l'expérience elle-même.

» § 7. *Excitatrices. Champs magnétiques.* — Les deux machines dynamo-électriques employées à Creil et à la Chapelle ne s'excitent pas elles-mêmes. Chacune d'elles est excitée par une machine Gramme à basse tension. Celle de la Chapelle a reçu le double enroulement imaginé par M. Marcel Deprez, l'un des deux enroulements étant en dérivation, de façon à maintenir une différence de potentiel sensiblement constante aux bornes de la machine, malgré les différences de résistances qui peuvent se produire dans le circuit.

» Celle de Creil est une machine ordinaire.

» On a donc ainsi trois circuits électriques distincts :

» 1° Un circuit local à Creil formé par l'excitatrice et les inducteurs de la génératrice.

» C'est le courant de ce circuit qui produit le champ magnétique à Creil ;

» 2° Un circuit local à la Chapelle, formé de même par l'excitatrice et les inducteurs de la réceptrice.

» C'est le courant de ce circuit qui produit le champ magnétique à la Chapelle.

» 3° Un circuit général ou de jonction dans lequel entrent la ligne et les anneaux des deux machines génératrice et réceptrice.

» Des courants qui traversent ces trois circuits, le dernier, celui de la ligne, est seul à haute tension.

» On aurait pu disposer les machines de façon qu'elles s'excitassent elles-mêmes et n'avoir, par suite, qu'un circuit unique comprenant la ligne avec les inducteurs et induits des deux machines. On eût ainsi supprimé les deux excitatrices et gagné le travail dépensé à les mettre en action.

» Mais les champs magnétiques se trouvant alors dans le circuit de haute tension qui produit le travail à transmettre eussent été affectés par tout changement brusque survenant dans les résistances à vaincre, et ces modifications eussent produit, dans les grandes masses métalliques que comprennent les inducteurs, des effets d'aimantation ou de désaimantation brusques, entraînant, à leur tour, de violentes réactions électriques dangereuses pour les anneaux.

» On peut se rendre compte de ces effets par le fait suivant :

» Si, à la Chapelle, à la fin d'une opération, c'est-à-dire au moment où tout courant vient de cesser, on rompt le circuit des inducteurs, il s'y produit une violente étincelle, et cela même cinq ou six secondes après que le courant a été interrompu.

» Cela tient à l'induction produite par la désaimantation du fer.

» Le champ magnétique, en quelques secondes, passe de la valeur considérable qu'il avait pendant l'opération à une valeur nulle.

» La vitesse de désaimantation est donc extrêmement grande et produit des effets d'induction extrêmement considérables.

» Le même fait se produirait à plus forte raison à Creil.

» Il était donc nécessaire, malgré le surcroît de dépense qui en résulte, de constituer des champs magnétiques à l'aide de courants de basse tension, distincts du courant de la ligne et ne participant que dans une mesure insensible aux variations que ce dernier peut subir, par suite d'à-coups dans les résistances à vaincre.

» § 8. *Commutateur de démarrage.* — Cette obligation où l'on se trouve d'exciter les machines par des courants engendrés en dehors d'elles ne soulève à Creil, où l'on dispose de la force motrice, aucune difficulté. Il n'en est pas de même à la Chapelle.

» A Creil, les locomotives mettent en mouvement, à l'aide d'une transmission par courroie, l'arbre des anneaux de la génératrice, lequel actionne à son tour celui de l'excitatrice.

» Le mouvement de l'excitatrice détermine le courant local et, par suite, le champ magnétique de Creil.

» Le mouvement de la génératrice se produisant dans ce champ magnétique détermine, par induction, le courant de la ligne. Ce courant passe donc dans les anneaux de la machine de la Chapelle; mais, comme à la Chapelle il n'y a jusqu'ici aucun champ magnétique, puisque le circuit local de la Chapelle est séparé de la ligne et ne reçoit rien, les anneaux récepteurs resteront immobiles, malgré le courant qui les traverse.

» Il n'y a donc aucune transmission de travail. On a tout au plus de l'énergie disponible.

» Pour la transformer en travail effectif, il faut créer et entretenir le champ magnétique de la Chapelle. Le moyen le plus naturel serait d'avoir là une petite machine à vapeur actionnant l'excitatrice. C'est ce moyen qu'on a employé dans les débuts; mais, au point de vue industriel, il serait absolument inacceptable; car, quand on prétend distribuer de la force, il ne faut pas commencer par exiger de ceux qui doivent la recevoir qu'ils aient chacun une petite machine à vapeur à domicile. Ce serait comme si, pour pouvoir utiliser un abonnement au gaz, il fallait commencer par avoir une petite usine chez soi.

» Mais la difficulté n'est qu'apparente et voici par quelle disposition très ingénieuse M. Deprez l'a éludée :

» On met l'arbre de l'anneau de la réceptrice en communication mécanique avec celui de son excitatrice par une courroie.

» D'autre part, quand on commence à faire un transport, à l'aide d'un commutateur, on met provisoirement le circuit local de la Chapelle dans le circuit de la ligne. Alors, le courant de celle-ci arrivant à la fois dans les anneaux et les inducteurs de la réceptrice, les anneaux se mettent en mouvement; leur mouvement se communique à l'excitatrice et, par suite, le champ magnétique de la Chapelle va croissant.

» Quand il atteint sa valeur normale, ce qui arrive au bout de peu d'instant, à l'aide du même commutateur, on sépare de nouveau le circuit local de La Chapelle de celui de la ligne. Une fois que le champ magné-

tique existe, il se maintient spontanément; car il fait mouvoir l'anneau de la réceptrice qui, entraînant par courroie celui de l'excitatrice, entretient le champ, lequel à son tour entretient le mouvement de la réceptrice.

» Les deux appareils se prêtent le même appui mutuel que le piston et le tiroir d'une machine à vapeur.

» Le commutateur ne sert donc qu'à chaque reprise du travail. Il se nomme, pour cette raison, un *commutateur de démarrage*. Par une disposition particulière, il permet d'établir ou de rompre la communication entre la ligne et le circuit local de la Chapelle d'une façon graduée et de manière à éviter tout échauffement des fils. Quatre des six galettes formant les inducteurs de la réceptrice sont introduites *en tension* dans la ligne Creil-Paris, puis, à l'aide du commutateur, retirées successivement et réintroduites *en quantité* dans le circuit de l'excitatrice.

» Le problème général consistant à faire passer par un simple mouvement de rotation des éléments d'un circuit dans un autre, que ces éléments soient en tension ou en quantité dans les deux circuits ou en tension dans l'un d'eux et en quantité dans l'autre, avait été déjà résolu. (Le rapporteur lui-même en avait donné une solution.) Mais ce qui est neuf et heureux, c'est de *mettre d'abord* en mouvement avec le courant de haute tension et d'entretenir ensuite l'aimantation avec le courant de l'excitatrice.

» § 9. *Distribution de la force à la Chapelle.* — La force reçue à la Chapelle peut naturellement être mesurée au frein. Mais, lorsqu'on ne veut pas faire de simples expériences, elle est employée, en totalité ou en majeure partie, à mouvoir les pompes des accumulateurs de la gare de la Chapelle. Le surplus, quand on le désire, est distribué entre divers appareils de manutention, à savoir :

» 1° Un marteau-pilon électrique de 80^{kg} et de 0^m, 80 de chute qui fonctionne très bien;

» 2° Un tour;

» 3° Un treuil électrique qui fait marcher une petite grue roulante pour la manutention de charges de 300^{kg};

» 4° Un frein électrique de locomotive.

» La distribution est faite par le procédé le plus naturel et peut-être, dans l'état actuel de la Science, le plus pratique.

» L'arbre de la réceptrice, qui actionne déjà, comme il vient d'être dit, sa propre excitatrice, actionne aussi mécaniquement une autre machine Gramme. Celle-ci devient donc une génératrice et procure le travail aux diverses réceptrices des appareils qu'on veut faire fonctionner.

» Parmi ces réceptrices, on doit signaler celle qui fait marcher le tour, parce qu'elle est à double enroulement.

» Le double enroulement, d'abord imaginé par M. Deprez pour obtenir une différence de potentiel constante aux bornes d'une machine génératrice, a été plus tard appliqué, par lui, aux réceptrices, et alors il leur procure une vitesse de marche sensiblement constante, malgré de notables et brusques variations de la résistance à vaincre.

» Le résultat est très net à la Chapelle. Lorsque la petite réceptrice à double enroulement travaille, elle produit une force de 54^{kgm} par seconde, soit environ $\frac{2}{3}$ de cheval, et marche à une vitesse de 1130 tours par minute.

» Si l'on enlève brusquement l'outil, en sorte qu'elle n'éprouve plus aucune résistance, sa vitesse ne dépasse pas 1400 tours.

» § 10. *Premiers résultats constatés par la Commission.* — Parmi les résultats aujourd'hui acquis, le premier qu'il convienne de signaler consiste dans la continuité et la parfaite régularité de la marche des machines, dans l'absence à peu près complète d'étincelles aux balais; il y a incomparablement moins d'étincelles dans la génératrice et la réceptrice, malgré leurs hautes tensions et leurs grandes dimensions, que dans les excitatrices qui sont à basse tension. Cela tient à la grande puissance du champ magnétique et à une excellente proportion entre le courant des anneaux et celui des inducteurs.

» Les balais des machines de M. Desprez sont calés avec une avance de 4° à 5° seulement, ce qui est très avantageux au point de vue du rendement.

» On ne remarque pas non plus d'échauffement considérable dans les machines, même après plusieurs heures de marche.

» La vitesse de marche est extrêmement modérée, environ 200 à 220 tours par minute à la génératrice, ce qui répond à une vitesse périphérique de $7^{\text{m}},50$ par seconde, tandis que, dans une machine Gramme tournant à 1000 ou 1200 tours, la vitesse à la circonférence atteint $12^{\text{m}},50$.

» Aussi a-t-on pu marcher, comme nous l'avons dit plus haut, depuis le mois de février aussi longtemps qu'on l'a désiré, et si l'on n'a pas dépassé neuf heures consécutives, c'est uniquement pour ne pas surmener le personnel sans nécessité, de pareilles durées de marche constituant une épreuve très suffisante.

» Il se peut que la réceptrice, qui a résisté jusqu'ici sans réfection, vienne à son tour à manquer. Alors on en fera les anneaux, comme on l'a fait à Creil, et le fonctionnement sera assuré pour longtemps.

» Ce sont là des résultats qui, pour être d'une vérification facile et à la portée de tous, n'en sont pas moins fondamentaux et, au point de vue pratique, aussi fondamentaux peut-être que le rendement lui-même; car le premier besoin d'un industriel est de pouvoir compter sur son outillage.

» J'aborde maintenant avec un peu plus de détails les expériences de la Sous-Commission.

» § 11. *Tarage des instruments de mesure et mesure des résistances.* — Depuis le mois de février dernier, époque à laquelle on est arrivé à une marche régulière, les ingénieurs du Chemin de fer du Nord et les électriciens spécialement attachés aux expériences ont fait journellement les mesures électriques et dynamométriques nécessaires pour déterminer le rendement obtenu, de sorte que la Commission a trouvé des instruments de mesure tout établis. Avant de s'en servir, elle a dû s'assurer de leur exactitude et faire le tarage de chaque instrument.

» C'a été sa première opération.

» A Creil, il y avait à tarer :

» *a.* Pour les mesures mécaniques, deux dynamomètres du système White, identiques entre eux et servant à enregistrer le travail moteur fourni par les deux locomotives;

» *b.* Pour les mesures électriques, deux galvanomètres d'intensité, à déviations proportionnelles, système Deprez, destinés l'un à mesurer le courant des anneaux et l'autre le courant des inducteurs et un potentiomètre, même système, pour mesurer la différence de potentiel aux bornes de la génératrice.

» A la Chapelle :

» *a.* Au point de vue mécanique, un frein de Prony pour mesurer le travail utile recueilli;

» *b.* Au point de vue électrique, les mêmes instruments qu'à Creil.

» Les constantes des galvanomètres ont été déterminées par la méthode de M. Cornu, déjà employée lors des expériences de la gare du Nord.

» Les dynamomètres ont été tarés à l'aide du frein de Prony.

» Ce contrôle, dont les résultats sont consignés au Tableau annexe I (p. 337), a montré la parfaite exactitude des instruments de mesure employés, ainsi que des coefficients propres à chacun d'eux.

» Les différences entre les résultats obtenus par la Commission et les résultats moyens des nombreuses observations relevées journellement par les ingénieurs attachés aux expériences sont partout de l'ordre des erreurs d'observation.

» L'exactitude des instruments reconnue, on a mesuré les résistances des machines et de la ligne; les mesures ont été faites par la méthode ordinaire du pont de Wheatstone. Les résultats en sont consignés au Tableau n° 2.

» § 12. *Expériences pratiques de transport.* — Ces opérations préliminaires terminées, le 24 mai, une partie de la Sous-Commission s'est rendue à Creil et une autre partie à la Chapelle, pour faire les expériences de transport. Les résultats de ces expériences sont consignés au Tableau n° 1. On a opéré, en faisant varier la vitesse de marche de la génératrice depuis 168 tours jusqu'à 218 tours par minute; sa force électromotrice a varié depuis un minimum de 4887 volts jusqu'à un maximum de 6290 volts.

» La force consommée à Creil a varié (abstraction faite des décimales) de 67 à 116 chevaux, et celle recueillie à Paris de 27 à 52 chevaux.

» *Le rendement augmente avec la force transportée.* — Le rendement industriel a varié de 40,78 à 44,81, soit environ de 41 à 45 pour 100. Sauf une petite anomalie dans l'expérience 3, il augmente avec le nombre des chevaux transportés, ce qui tient à des pertes sensiblement constantes, comme celles nécessitées par les champs magnétiques, pertes qui sont comme les frais généraux de l'opération. Ils deviennent de moins en moins sensibles à mesure qu'on opère sur une plus grande échelle.

» Ainsi, c'est l'expérience la plus importante, celle dans laquelle on a pris 116 chevaux à Creil pour en recevoir 52 à Paris, qui a donné le rendement le plus grand, celui de 45 pour 100.

» Le fait qu'on peut ainsi transporter industriellement 116 chevaux de force brute à 56^{km} de distance en en tirant un rendement industriel strictement mesuré de 45 pour 100 et en ne dépassant pas une vitesse de 218 tours à la génératrice, et cela avec continuité, sans fatiguer les machines, constitue un résultat extrêmement remarquable, auquel il était difficile de s'attendre et qu'il convient de signaler hautement.

» § 13. *Discussion.* — Mais il ne suffit pas de constater le fait brut du rendement de 45 pour 100. Il importe de rechercher comment ont été consommés les 55 pour 100 de force perdue. Ils l'ont été évidemment, en partie, par les machines, en partie par la ligne.

» *Travail absorbé par la génératrice.* — Le travail communiqué à la génératrice a été de 116 chevaux. La différence des potentiels aux bornes de cette machine est de 6004 volts. L'intensité du courant est 9^{amp}, 789.

» Donc le travail disponible aux bornes de la génératrice, exprimé en

chevaux, est

$$\frac{6004 \times 9,879}{75 \times g} = \frac{6004 \times 9,879}{735,66} = 80^{\text{chx}},4.$$

La perte de travail par la génératrice est donc de

$$116^{\text{chx}} - 80^{\text{chx}} = 35^{\text{chx}},6.$$

» *Travail absorbé par la réceptrice.* — La différence des potentiels aux bornes de la réceptrice est de 5456^{volts} ; l'intensité du courant y est de $9^{\text{amp}},824$; le travail que reçoit la réceptrice à son entrée, exprimé en chevaux, est donc

$$\begin{array}{r} \frac{5456 \times 9,824}{735,66}, \text{ soit } \dots\dots\dots 73,1^{\text{chx}} \\ \text{Le travail utile recueilli à sa sortie étant de } \dots\dots\dots 52,1 \\ \text{Le travail perdu par la réceptrice est de } \dots\dots\dots 21,0 \end{array}$$

» *Travail absorbé par la ligne.* — Le travail disponible ayant été trouvé

$$\begin{array}{r} \text{Aux bornes de la génératrice de } \dots\dots\dots 80,4^{\text{chx}} \\ \text{Aux bornes de la réceptrice de } \dots\dots\dots 73,1 \\ \text{Le travail perdu par la ligne est de } \dots\dots\dots 7,3 \end{array}$$

» Mais le chiffre obtenu de la sorte ne mériterait aucune confiance. En effet, il résulte de la différence de deux nombres très grands. Pour peu qu'on se soit trompé dans les observations relatives à chacun d'eux, l'erreur relative commise sur leur différence peut être de même ordre que cette différence elle-même.

» Cela est d'autant plus vrai qu'il faut noter que toutes les mesures prises sont des mesures industrielles et non des mesures de précision.

» Il est donc indispensable de déterminer directement la perte de la ligne. Cette perte en chevaux est le produit de la résistance de la ligne par le carré de l'intensité moyenne du courant, divisé par $75g$.

» La résistance de la ligne (Tableau II) étant de $97^{\text{ohms}},45$ et le courant moyen (Tableau I) de $9^{\text{amp}},85$, le travail cherché est

$$\begin{array}{r} \frac{97,45 \times 9,85^2}{75g} = \frac{97,45 \times 97,02}{735,66} = \frac{9454,60}{735,66} \dots\dots\dots 12,7 \\ \text{au lieu de } \dots\dots\dots 7,3 \\ \text{trouvés ci-dessus,} \\ \text{soit une différence de } \dots\dots\dots 5,4 \end{array}$$

» La perte totale constatée au dynamomètre et au frein étant de

$$116 - 52 = 64^{\text{chx}},$$

la perte totale par les machines ne peut être que de

$$64 - 12,7 = 51^{\text{chx}},3$$

au lieu de $56^{\text{chx}},6$ résultant des observations électriques.

» Si l'on répartit cette différence proportionnellement sur les deux machines, on trouvera définitivement les chiffres suivants :

Perte par la génératrice.....	$\frac{35,6 \times 51,3}{56,6} = 32,2^{\text{chx}}$
Perte par la réceptrice	$\frac{21,1 \times 51,3}{56,6} = 19,1$
Perte par la ligne	$\frac{12,7}{64,0}$
Total.....	64,0

» On voit par ce qui précède que la perte due à la ligne est très faible et que ce sont les machines qui consomment le plus de force.

» On est dès lors conduit à se poser cette question :

» Quelle est la valeur industrielle des machines construites par M. Deprez?

» Pour préciser la discussion, nous nous attacherons plus particulièrement à la machine de Creil, puisque aussi bien c'est la plus importante comme dimensions et celle qui répond le mieux aux idées actuelles de l'inventeur, et nous discuterons l'expérience la plus importante, celle où l'on a consommé 116 chevaux à Creil.

» § 14. *Examen de la valeur industrielle de la machine de Creil.* — Une pareille machine peut être envisagée à quatre points de vue :

» 1° Au point de vue des qualités de ses inducteurs ou de son champ magnétique;

» 2° Au point de vue des qualités de ses induits ou anneaux;

» 3° Au point de vue des qualités d'ensemble de la machine ou de son rendement industriel;

» 4° Au point de vue de ses qualités mécaniques.

» Ces dernières qualités, nous les avons reconnues par la facilité de construction et de réparation de la machine, ses dimensions massives, la lenteur de sa marche. Nous n'y reviendrons pas.

» 1° *Valeur économique de son champ magnétique.* — Si l'on fait mou-

voir dans un champ magnétique un fil de cuivre de 1^m de longueur avec une vitesse de 1^m par seconde, il naît dans le fil une force électromotrice qui peut servir de mesure à l'intensité du champ.

» Il suffit de multiplier le nombre de volts qui constituent cette force électromotrice par 10⁴ pour avoir la mesure du champ en unités C.G.S.

» Mais l'intensité ne forme pas, à elle seule, la valeur économique d'un champ magnétique. Son volume intervient également dans la grandeur des effets qu'on en peut obtenir. Ce volume, dans une machine dynamo-électrique, est compris entre les deux cylindres concentriques qui limitent les inducteurs et les noyaux des induits.

» Dans la machine de Creil, la distance entre les surfaces cylindriques qui limitent les inducteurs et le noyau des induits est de 0^m,06. La circonférence moyenne du volume annulaire occupé par le champ a 0^m,74 de diamètre. La largeur du champ de chaque anneau, égale à la largeur du noyau de l'anneau, est d'ailleurs de 0^m,40. Il en résulte que le volume des champs des deux anneaux est

$$V = 2 \times \pi \times 0,74 \times 0,06 \times 0,40,$$

soit environ $V = 111^{\text{dmc}}$.

» D'autre part, si nous prenons toujours l'expérience la plus importante, celle où l'on a consommé 116 chevaux, la force électromotrice développée par le champ dans l'anneau de la génératrice est de 6290^{volts}, la vitesse étant de 218 tours par minute.

» L'anneau est divisé en 196 sections, soit sur une des moitiés comprises entre les balais $\frac{196}{2} = 98$ sections, ayant chacune 20^m de fil utile (50 brins de 0^m,40 de longueur).

» La longueur totale du fil utile est donc de

$$98 \times 20 = 1960^{\text{mq}}.$$

» La circonférence moyenne décrite ayant 0^m,74 de diamètre, soit 2^m,32 de tour, la surface décrite par le fil, dans un tour de l'anneau, est

$$1960 \times 2,32 = 4547^{\text{mq}},$$

soit pour les deux anneaux

$$2 \times 4547 = 9094^{\text{mq}}.$$

Comme la vitesse est de 218 tours par minute, la surface décrite par seconde

est

$$\frac{9094 \times 218}{60} = 33041 \text{ mq}$$

» La force électromotrice étant de 6290 volts, on obtient, par unité de vitesse,

$$\frac{6290}{33041} = 0^{\text{volt}}, 190.$$

» Donc, en unités C.G.S., le champ est

$$H = 0,190 \times 10^4 = 1900 \text{ unités.}$$

» Évaluons à présent la force brute qu'il a fallu dépenser pour l'obtenir.

» Les expériences (Tableau III) montrent qu'avec un courant de 36 ampères dans l'excitatrice, courant très voisin de celui 36,30 existant (Tableau I) dans le champ magnétique relatif à l'expérience de transport que nous examinons, le travail observé au dynamomètre, nécessaire pour faire fonctionner l'excitatrice, a été de $12^{\text{ch}}, 68$.

» Ainsi, en résumé, la génératrice de Creil fournit un champ magnétique de 1900 unités, d'un volume de 111^{dmc} , moyennant une force de $12^{\text{chx}}, 68$.

» *Comparaison avec le champ magnétique de la machine Gramme (type A.)*
— Faisons le même calcul pour la machine Gramme (type A). Pour obtenir un champ de 1900 à 2000 unités, il faut, dans cette machine, un courant de 20 ampères traversant un circuit inducteur dont la résistance est de $0^{\text{ohm}}, 6$.

» Le travail dépensé est donc

$$\frac{0,6 \times 20^2}{75g} = \frac{0,6 \times 20^2}{736} = 0^{\text{ch}}, 326.$$

» Les dimensions du champ dans la machine Gramme sont les suivantes :

Épaisseur annulaire du champ.....	$0,01^{\text{m}}$
Longueur de la circonférence moyenne.....	$0,55$
Largeur du noyau de fer.....	$0,10$

d'où, pour le volume du champ,

$$V = 0,55 \times 0,10 \times 0,01 = 0^{\text{dmc}}, 55,$$

soit environ $\frac{1}{200}$ de celui de la machine de Creil.

» Donc, pour produire, avec des machines type A, un champ de même intensité et de même volume que celui de Creil, il faudrait 200 machines Gramme.

» Comme chacune d'elles dépense $0^{\text{ch}},326$, la force nécessaire serait de

$$200^{\text{chx}} \times 0,326 = 65^{\text{chx}}$$

au lieu de $12^{\text{chx}},60$ consommés à Creil. Il faudrait donc environ 5 fois plus de force.

» En outre, le poids de cuivre de chaque machine type A est d'environ 30^{kg} ; la dépense en cuivre serait donc de 6000^{kg} au lieu qu'elle n'est que de 2534^{kg} dans la machine de M. Deprez.

» On voit donc qu'au point de vue de la création du champ magnétique, les grands inducteurs employés par M. Deprez sont extrêmement avantageux.

» 2° *Valeur des anneaux de cuivre.* — L'anneau d'une machine dynamo-électrique est d'autant plus parfait qu'il s'y produit moins de travaux parasites, c'est-à-dire de travaux autres que ceux qu'on peut recueillir aux balais. Tels sont les travaux absorbés par les courants de Foucault dans les noyaux de fer, par les phénomènes de self-induction se produisant deux fois par tour pour chaque section de l'anneau.

» Mais il peut y avoir d'autres causes de perte de travail non analysées ou provenant de vices de construction de l'anneau.

» Appelons T_i le travail ainsi perdu par des causes connues ou inconnues; T_m le travail moteur brut fourni et mesuré au dynamomètre; T_e la partie de ce travail consacrée à l'excitatrice; T_f celui consommé par les résistances passives mécaniques, telles que frottement de l'arbre de la machine, des balais, raideur des courroies, vibrations, etc.

» La valeur du travail réellement fourni à l'anneau est

$$T_m - T_e - T_f - T_i.$$

» Or ce travail, comme on sait, est égal au produit $\frac{EI}{75g}$ de la force électromotrice par le courant divisé par $75g$. On a donc rigoureusement

$$T_m - T_e - T_f - T_i = \frac{EI}{75g},$$

d'où

$$\frac{\frac{EI}{75g}}{T_m - T_e - T_f} = 1 - \frac{T_i}{T_m - T_e - T_f},$$

» Si l'anneau était parfait, si aucun de ces travaux parasites désignés par T_i n'existait, le premier membre serait l'unité.

» La valeur de ce premier membre, toujours inférieure à l'unité, est ce qu'on nomme habituellement le *coefficient de transformation de la machine* et pourrait se nommer plus exactement le *rendement de l'anneau*. C'est en effet l'anneau qui est d'autant meilleur que ce chiffre est plus voisin de l'unité.

» Établissons, comme nous l'avons fait pour le champ magnétique, la comparaison entre l'anneau de la machine Gramme (type A) et celui de Creil.

» La force électromotrice de la machine de Creil, exprimée en chevaux, est

$$\frac{EI}{75g} = \frac{6290 \times 9,879}{735,66} = 84^{\text{chx}}, 5.$$

» Le travail moteur est

$$T_m = 116^{\text{chx}}.$$

» D'autre part (Tableau III), à une vitesse de 208 tours, le travail absorbé par le frottement (circuit ouvert) est $9^{\text{chx}}, 38$; donc, pour 218 tours, ce sera

$$T_f = \frac{218}{208} \times 9,38, \text{ soit } 9^{\text{chx}}, 85.$$

» Le travail absorbé par l'excitatrice en action (avec le courant de 36^{amp} , qui est sensiblement celui de notre expérience, est (Tableau III)

$$T_e = 12^{\text{chx}}, 68,$$

d'où

$$T_m - T_e - T_f = 116 - 12,68 - 9,85 = 93,47$$

et, pour le coefficient de transformation,

$$\frac{84,5}{93,47} = 0,90.$$

» *Comparaison avec l'anneau Gramme (type A).* — Or la machine type A donne, d'après les expériences faites à l'Exposition de 1881, par MM. Tresca, Potier, etc., un coefficient analogue.

» Il résulte de là que l'anneau de Creil, malgré ses grandes dimensions et la grande longueur de fil contenue dans chaque section, et qui semblerait de-

voir accroître, dans une proportion extrêmement grande, notamment les phénomènes de self-induction, est aussi parfait que les petits anneaux.

» En résumé, comme production du champ magnétique, les dispositions adoptées par M. Marcel Deprez sont extrêmement avantageuses; d'autre part, son anneau fournit le même rendement que celui des machines Gramme (type d'atelier), et cela, avec une vitesse de marche de beaucoup inférieure et une grande facilité de construction et de réparation.

3° *Rendement industriel de la machine de Creil.* — Après avoir étudié chacune des deux parties (inducteurs et induits) de la machine de Creil, prenons-la dans son ensemble, de manière à en indiquer le rendement effectif.

» On définit habituellement le rendement d'une machine dynamo-électrique par le rapport

$$\frac{EI}{\frac{75g}{T_m}}$$

de son travail électrique au travail moteur qu'on lui fournit. Ce rendement dans l'expérience que nous considérons serait

$$\frac{84,5}{116} = 0,725,$$

soit environ 0,73.

» Mais ce qui intéresse l'industriel, ce n'est pas le travail électrique d'une machine génératrice, mais le travail qu'on récolte à ses bornes, comparé à celui qu'on lui fournit. Le rendement ainsi entendu (et c'est le plus défavorable que l'on puisse considérer) est le rapport

$$\frac{\frac{\varepsilon I}{75g}}{T_m} = \frac{6004 \times 9,879}{735,66 \times 116},$$

ε étant la différence de potentiel aux bornes de la machine.

» On obtient ici 0,70, soit environ 30 pour 100 de perte. Ce chiffre est probablement excessif, puisque, en calculant directement la perte due à la ligne, nous avons vu que les pertes dues aux machines sont, en fait, un peu moindres que celles résultant des observations électriques.

» Nous avons trouvé (§ 14) que la perte de la génératrice est de 32^{chx,2}, sur 116 qu'elle reçoit, soit

$$\frac{32,2}{116} = 27,7 \text{ pour } 100, \text{ soit } 28 \text{ pour } 100,$$

ce qui lui donnerait un rendement de 0,723, soit environ 72 pour 100. Les ingénieurs de M. Deprez ont trouvé 73 à 74 pour 100. Admettons la perte la plus grande de 28 pour 100; elle se répartit ainsi :

» Sur 116 chevaux de force motrice fournie, 9^{chx},85 ont été perdus en frottement, raideur des cordes, etc.; 12^{chx},68 ont été consacrés à faire marcher l'excitatrice; le surplus a été transformé en chaleur sur l'anneau.

» De là résulte qu'on peut résumer les pertes dues à la génératrice :

	Pour 100.
1° Pertes mécaniques (frottements, raideur des cordes, vibrations, etc.).	8,5
2° Force dépensée à produire le champ magnétique	11
3° Échauffement de l'anneau	8,5
Total.....	28

» § 15. *Rendement industriel de la machine de La Chapelle.* — Pour une réceptrice le rendement industriel (entendu aussi dans le sens le plus défavorable) est le rapport de la force qu'elle absorbe à ses bornes à celle qu'elle fournit au frein sur l'arbre de son anneau. Les résultats numériques du Tableau I indiquent, dans l'expérience dont nous nous occupons, que le rendement ainsi entendu est de 76,5 pour 100.

» § 16. *Rendement industriel des deux machines accouplées.* — Ce qui ressort avec certitude des observations dynamométriques, c'est que la perte totale est de 64 chevaux. Et comme la ligne a absorbé 12^{ch},7, les deux machines ensemble ont absorbé 51^{ch},3.

» Il résulte de là que, dans tout transport de force, si faible que soit la distance du transport, par le seul fait qu'on est obligé d'employer deux machines, on ne peut, avec la vitesse de 200 tours admise à Creil, la force électromotrice d'environ 6290 volts et l'excitation séparée, compter que sur un rendement de

$$1 - \frac{51,3}{116} = \frac{64,7}{116} = 55,43 \text{ pour } 100.$$

» Le rendement moyen de chacune des deux machines strictement observé est donc

$$\sqrt{0,5543} = 74 \text{ pour } 100,$$

ce qui est sensiblement conforme au résultat obtenu pour chacune d'elles.

» Du rendement de 0,5543, soit en nombre rond de 55 pour 100 fourni par les deux machines réunies, il faut retrancher, dans chaque cas, le travail perdu par la ligne.

» § 17. *Conclusions.* — 1° On peut affirmer aujourd'hui la possibilité, avec une seule génératrice et une seule réceptrice, de transporter à une distance de 56^{km} une force industriellement utilisable d'environ 52 chevaux avec un rendement de 45 pour 100, sans dépasser un courant de 10 ampères, une vitesse angulaire de 216 tours à la minute ou une vitesse périphérique de $7^{\text{m}}, 50$ par seconde.

» Si l'on tient compte de la force absorbée par les dynamomètres et autres instruments de mesure, par les courroies et les appareils disposés en vue de faciliter les expériences ou la recherche des meilleures proportions à adopter pour les organes de transmission, toutes choses qui n'existeraient pas dans les applications industrielles, on peut dire, dès à présent, que, dans la pratique, le rendement sera très voisin de 50 pour 100.

» Sur la perte de 55 pour 100 les deux machines avec leurs excitatrices ont absorbé à elles seules environ 45 pour 100 et la ligne environ 10 pour 100.

» Dans chaque cas la ligne absorbera plus ou moins suivant qu'on adoptera un fil plus ou moins gros.

» Quand on disposera de beaucoup de force à bon marché et que, par suite, on ne tiendra pas au rendement, on emploiera du fil de faible section, ce qui rendra l'installation plus économique, mais absorbera plus de force.

» Si, au contraire, la force dont on dispose est mesurée et qu'on veuille en tirer le parti le plus avantageux possible, on devra faire un sacrifice sur les frais de premier établissement en adoptant un gros fil. On voit que c'est là un problème ordinaire d'ingénieur à résoudre, dans chaque cas, suivant les circonstances.

» 2° Le fonctionnement des machines est aujourd'hui extrêmement satisfaisant par sa régularité et sa continuité.

» Depuis le mois de février, on a marché moyennement pendant cinq heures par jour et jusqu'à neuf heures sans échauffement grave, sans brûlure de fil, sans étincelles aux balais.

» 3° La vitesse de la génératrice quand elle consomme 116 chevaux n'est que de 216 tours à la minute et celle de la réceptrice de 295 tours. Ce sont des vitesses industrielles et avec lesquelles on ne devait pas s'attendre à produire de si grands effets, et c'est un spectacle vraiment majestueux que celui d'une machine dynamo-électrique marchant avec cette lenteur et assez puissante pour que, à chaque tour que font ses anneaux, un travail mécanique de 1000^{kgm} à 1200^{kgm} devienne industriellement utilisable à 56^{km} du point où ils tournent.

» 4° La force électromotrice maxima est de 6290 volts.

» Le danger résultant de l'emploi de telles tensions est une des principales objections qu'on adresse à ces expériences, au point de vue de leur application à la pratique courante.

» Nous croyons que c'est là un préjugé qu'il importe de ne pas laisser s'accréditer.

» Les expériences de Creil durent depuis plus de six mois; c'est la première fois que le personnel qui y est employé manie ces hautes tensions, et pourtant on n'a pas eu le moindre accident à déplorer, ce qui prouve qu'avec des précautions le danger peut être conjuré.

» D'ailleurs, toutes les industries humaines, sans exception, sont pleines de dangers, surtout les industries naissantes.

» A mesure qu'elles progressent le danger diminue, mais sans jamais disparaître. Il y aura toujours des heures où la fatalité triomphera de la prévision humaine. Ces moments douloureux, l'homme les accepte comme des épisodes sans influence sur le résultat final de sa lutte contre les forces naturelles.

» Les catastrophes que nous réservent encore aujourd'hui, malgré les progrès accomplis, les deux plus grandes industries du monde, celle des chemins de fer et celle des transports maritimes, n'empêchent heureusement personne de profiter de leurs bienfaits.

» Il en sera de même pour le transport de la force, s'il donne les résultats qu'il est permis aujourd'hui d'en espérer.

» 5° Une autre crainte que pouvait inspirer l'emploi des hautes tensions résulte des pertes d'électricité qu'elles devaient faciliter en route.

» L'expérience, qui seule pouvait prononcer en cette matière, n'a pas justifié ces craintes, que la théorie rendait acceptables.

» Par tous les temps, la résistance de la ligne est restée sensiblement constante à température égale, et la différence des courants de Creil et de La Chapelle a toujours été très faible. On en peut juger par les chiffres du Tableau I.

» 6° En acceptant une vitesse de 300 tours au lieu de 200, ce qui paraît très admissible et ce qui, selon les convictions de M. Deprez, est largement réalisable, on pourrait, sans même accroître la force électromotrice, uniquement en diminuant la résistance des anneaux, gagner encore sur le rendement.

» M. Deprez espère ainsi dépasser le rendement de 50 pour 100 d'abord annoncé par lui.

» A plus forte raison en sera-t-il ainsi si l'on consent à accroître la force électromotrice, ce qui peut se faire sans augmenter le poids du cuivre des machines et sans changer leurs vitesses, et ce que M. Deprez regarde comme réalisable. Toutefois, sur ce point, l'expérience n'a pas encore décidé.

» 7° En ce qui touche le fil, la Commission estime qu'il peut rester nu sur toute sa longueur, sauf à son entrée et à sa sortie des usines, pourvu qu'on le mette partout ailleurs hors de portée de la main et à une distance d'au moins 0^m,75 à 1^m des fils télégraphiques et téléphoniques, de façon qu'il ne puisse s'y mêler, quelque vent qu'il fasse, ni exercer sur eux aucun effet d'induction.

» 8° Le prix de revient d'un projet de transport ne peut naturellement pas se baser sur les dépenses faites dans des expériences où tout était à créer. La Commission a cependant tenu à se renseigner sur le coût probable du transport de 50 chevaux entre Paris et Creil, avec les tensions fournies par ces expériences.

» Il semble que ce prix pourrait être établi ainsi :

Machine génératrice.	50000 ^{fr}
Machine réceptrice.....	30000
Ligne de 56 ^{km} , estimée à 800 ^{fr} le kilomètre (aller et retour).....	44800
Total.....	124800

» Ce prix est donné à titre de simple indication. M. Deprez considère qu'il sera notablement diminué par le fait d'une fabrication courante des machines, comme aussi par d'importantes améliorations qu'il compte y apporter, en mettant à profit l'enseignement tiré des expériences actuelles.

» 9° Au point de vue scientifique, ces expériences paraissent réduire à néant, ou à bien peu de chose, les effets de self-induction qui sembleraient devoir résulter des changements brusques de polarité qui se produisent deux fois par tour, au passage de chaque fil devant les balais.

» Elles montrent aussi qu'avec une construction soignée, on peut se garer, même dans les plus grandes machines, des courants de Foucault.

» Enfin elles confirment les lois de l'induction électrodynamique bien au delà des limites qu'on avait pu atteindre dans les expériences antérieures.

» J'ajoute que le Rapport de la Commission se termine en ces termes :

» La Commission, au nom de la Science et de l'Industrie, adresse ses

chaleureuses félicitations à M. Marcel Deprez pour les admirables résultats qu'il a obtenus. Elle exprime à MM. les barons de Rothschild sa vive reconnaissance pour l'inépuisable générosité avec laquelle ils ont doté cette gigantesque expérience. »

TABLEAU I. — EXPÉRIENCES DE TRANSPORT
faites par la Commission d'examen le 24 mai 1886.

NUMÉROS D'ORDRE		1.		2.		3.		4.		5.	
		Creil.	Paris.	Creil.	Paris.	Creil.	Paris.	Creil.	Paris.	Creil.	Paris.
HEURES		10 ^h ,20	»	10 ^h ,30	»	10 ^h ,40	»	11 ^h ,00	»	11 ^h ,10	»
Intensité	Déviatiou du galvanomètre :										
	$K = \left\{ \begin{array}{l} \text{*Creil } K_{VI} = 0,300 \\ \text{Paris } K_V = 0,222 \end{array} \right\}$...	22,93	30,75	25,18	33,50	27,43	36,50	30,43	40,25	32,93	44,25
	Intensité en ampères	6 ^a ,879	6 ^a ,827	7 ^a ,554	7 ^a ,437	8 ^a ,229	8 ^a ,103	9 ^a ,129	8 ^a ,936	9 ^a ,879	9 ^a ,824
Intensité moyenne		6,85		7,50		8,17		9,25		9,85	
Force électromotrice.	Déviatiou du potentiomètre :										
	$K = \left\{ \begin{array}{l} \text{**Creil } K_{IX} = 1647,5 \\ \text{Paris } K_{II} = 129,3 \end{array} \right\}$...	28,50	32,20	30,37	35,50	32,62	37,40	34,75	39,20	36,50	42,20
	Potentiell aux bornes	4688 ^{vol}	4163 ^{vol}	4996 ^{vol}	4526 ^{vol}	5366 ^{vol}	4836 ^{vol}	5716 ^{vol}	5069 ^{vol}	6004 ^{vol}	5456 ^{vol}
Champ magnétique.	Force électromotrice	4887	3902	5215	4242	5605	4527	5981	4711	6290	5081
	Déviatiou du galvanomètre :										
	$K = \left\{ \begin{array}{l} \text{*Creil } K_{VII} = 1,027 \\ \text{Paris } K_{IV} = 1,106 \end{array} \right\}$...	30,25	25,00	31,00	26,50	30,25	27,50	33,50	29,00	35,35	31,00
Intensité en ampères		31,07	27,65	31,84	29,31	31,07	30,42	34,40	32,07	36,30	34,29
Travail électrique (en chevaux)		7,54	3,97	7,92	4,46	7,54	4,81	9,25	5,34	10,30	6,11
Nombre n de tours par minute		168	244	182	257	199	267	206	278	218	295
Somme y des ordonnées du dynamomètre		171,5	»	181	»	188	»	213	»	228	»
Abscisse x du dynamomètre		84	»	92	»	99	»	»	»	»	»
Travail dynamométrique à la génératrice											
$\left(T_m = \frac{xy}{216} \text{ en chevaux**}\right)$		66,7	»	77,1	»	86,1	»	102	»	116	»
Charge P au frein de la réceptrice ($L = 2^m,30$, bras de levier du frein)		»	35 ^k	»	40 ^k	»	45 ^k	»	50 ^k	»	55 ^k
Travail mécanique utile de la réceptrice donné par le frein $\left(T_u = \frac{2 \square L n P}{60 \times 75} \text{ en chevaux}\right)$		»	27,2	»	32,8	»	38,6	»	44,8	»	52
Rendement mécanique industriel		40,78		42,54		44,83		43,92		44,81	

* Une déviatiou d'un degré du galvanomètre vaut K ampères.

** Une déviatiou d'un degré du potentiomètre vaut K volts.

*** La formule $T_m = \frac{xy}{216}$ résulte du tarage des dynamomètres.

TABLEAU II.

Mesures faites par la Commission d'examen des expériences.

RÉSISTANCES.

		ohms
Génératrice	{ Anneaux.....	29,00
	{ Inducteurs.....	5,75
Réceptrice	{ Anneaux.....	38,18
	{ Inducteurs.....	3,82
Ligne		97,45
<i>Excitatrice de Creil</i> (anneau et inducteurs en tension).....		
		1,26
<i>Excitatrice de la Chapelle.</i> — Elle est à double enroulement sur les inducteurs : un enroulement à gros fil dans le circuit formé par l'anneau et les inducteurs de la réceptrice et un circuit à fil fin, en dérivation.		
Anneau.....		0,28
Enroulement à gros fil.....		0,12
Enroulement à fil fin.....		27,81

TABLEAU III. — EXPÉRIENCES
sur le fonctionnement de l'excitatrice et des transmissions.

TRAVAIL SUR L'ARBRE MOTEUR mesuré aux dynamomètres.										NOMBRE de tours par minute du petit cône*		NOMBRE de tours par minute du grand cône*		EXCITATRICE.				OBSERVATIONS.
NOMBRE DE TOURS par minute des transmissions.		Nombre de tours des dynamo- mètres K ^{mm} .	Or- données totales des enregis- treurs mètres K ^{mm} .	T _m = $\frac{P \cdot V}{216}$.		TRAVAIL absorbé par l'excit- atrice en action a — b.	NOMBRE de tours par minute de la géné- ratrice et du grand cône*.	théo- riques.	prati- ques.	Nombre de divi- sions du galvano- mètre n.	In- tensité du courant I = n K.	Ri- sistance des induc- teurs de la géné- ratrice R.	C.					
				Cour- roie de l'excitatrice montrée.	Circuit ouvert b.									Circuit fermé a.				
1	53	78	16,5	5,95	chx	chx	156	170,5	1002	»	»	»	chx					
1	53,2	78,5	18	»	»	»	157,5	172	1002	97,2	»	»	»					
1	53,1	78,9	50	»	»	11,56	157	172	1002	95,1	32,3	7	9,86					
2	»	»	»	6,28	»	»	»	»	»	»	»	»	»					
2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»					
3	53,5	79	66	»	»	»	156	200	1155	1116	37,5	7	14,2					
3	54,2	77	18,2	6,59	»	»	155	236	»	»	»	»	»					
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»					
5	53,1	78,1	90,3	»	»	»	158	240	1376	1341	46	7	21,3					
5	54,6	77,5	19,3	6,92	»	»	154	334	»	»	»	»	»					
5	53,1	78,5	23,5	»	»	»	155	336	1925	1920	»	»	»					
1	67,5	101	17,5	8,17	»	»	204	224	»	»	»	»	»					
1	68	102	18	»	»	»	204	224	870	868	»	»	»					
1	68	102	34	»	»	16,06	205	224	858	858	27,25	7	7,5					
2	»	»	»	8,38	»	»	»	»	»	»	»	»	»					
2	69,2	104	19,5	»	»	»	208	267	1070	1052	»	»	»					
2	68,2	102,5	46,5	»	»	»	205	260	1010	1010	»	»	»					
3	68	102	18	8,50	»	»	203	307	1190	1185	36	7	12,3					
3	67,5	101	20,5	»	»	»	203	307	1190	1185	»	»	»					
3	67,5	101	62,5	»	»	»	204	308	1185	1163	42	7	17,8					
1	100	151	21,05	14,65	»	»	306	334	»	»	»	»	»					

K = 1,03 (coefficient
du galvanomètre).
Cônes reliés par cour-
roies pour permettre
de faire varier la vi-
tesse de l'excitatrice.

1^{re} série d'expériences.
Poulie de 200^{mm}, montée
sur l'arbre de l'exci-
tatrice.

2^e série d'expériences.
Poulie de 300^{mm}, montée
sur l'arbre de l'exci-
tatrice.

3^e série d'expériences.

Après la lecture de ce Rapport, M. **MARCEL DEPREZ** remercie ses Confrères, MM. J. Bertrand, Edm. Becquerel et A. Cornu, pour la part active qu'ils ont prise aux travaux dont M. Lévy vient de faire une analyse si profonde et si claire.

Il saisit cette occasion pour adresser aussi ses remerciements à ses collaborateurs, M. Sarcia, Ingénieur chargé de la construction des machines et de la direction du poste de Creil; M. Géraudy, Ingénieur des Ponts et Chaussées chargé de la direction du poste de Paris; M. Minet, chargé de la graduation et du contrôle des instruments de mesures électriques; MM. Duché et Clémenceau, Ingénieurs préposés aux expériences de mesures et à la surveillance des machines.

« Qu'il me soit permis, ajoute en terminant M. Marcel Deprez, d'adresser l'expression de ma reconnaissance à MM. de Rothschild, sans le généreux concours desquels une si grande expérience n'aurait jamais pu être faite. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **HUGONOT** obtient l'autorisation de retirer du Secrétariat divers Mémoires qui ont été déposés par lui, et qui n'ont point fait l'objet de Rapports.

CORRESPONDANCE.

ACOUSTIQUE. — *Mesure de la hauteur des sons par les flammes manométriques.*

Note de M. **E. DOUMER**, présentée par M. Mascart.

« Les flammes manométriques n'ont guère servi jusqu'à ce jour que de méthode de démonstration et d'étude sommaire du timbre des sons vocaux. Elles sont cependant susceptibles d'applications plus variées et peuvent en particulier rivaliser avec la méthode graphique pour la détermination de la hauteur des sons.

» Il suffit pour cela de prendre deux flammes manométriques voisines, actionnées l'une par un son de hauteur très exactement connue, l'autre par le son dont on veut connaître la hauteur, et de mesurer, à l'aide du miroir tournant, combien de vibrations du son à étudier correspondent à un nombre connu de vibrations du son chronographe. Une simple proportion donne la hauteur cherchée.

» Cette méthode, très simple en théorie, se complique et devient à peu près irréalisable en pratique à cause des défauts de centrage du miroir. Mais elle retrouve toute sa simplicité et acquiert en outre une certaine élégance si, au miroir tournant, on substitue une plaque sensible, en un mot si l'on photographie simultanément, et sur la même plaque, les deux flammes manométriques.

» L'appareil photographique dont je me sers est une chambre noire allongée transversalement, munie d'un objectif à foyer très court et suffisamment achromatique. Dans l'intérieur de la chambre se trouve un cadre mobile destiné à recevoir le châssis contenant la plaque sensible. Il peut être mù, soit automatiquement, soit à la main, et passer avec une vitesse convenable au foyer de l'objectif. Un système à déclenchement, imaginé par M. Albert Duboscq, assure la fermeture de ce dernier dès que la plaque a subi l'action de la lumière, et la préserve ainsi de toute action décomposante ultérieure.

» La mise au point se fait facilement, soit par le déplacement de l'objectif, soit mieux par celui des deux flammes manométriques.

» La rapidité des mouvements des flammes que l'on veut photographier est telle que l'on doit avoir recours aux plaques les plus sensibles. Celles de Monckhoven fraîches m'ont donné de fort bons résultats ; je leur préfère toutefois les plaques extrêmement sensibles préparées à l'iodure d'argent d'après la formule de Frank.

» Mais, quelles que soient les plaques employées, les négatifs seraient trop faibles si l'on n'avait la précaution d'employer un objectif à court foyer et de rendre les flammes aussi brillantes que possible. On y arrive facilement en carburant le gaz par un passage lent sur de la pierre ponce imprégnée de benzine et en le brûlant dans l'oxygène pur. En réglant convenablement l'arrivée du gaz et celle de l'oxygène, on obtient une flamme d'un grand éclat.

» Les plaques impressionnées dans la chambre noire sont développées par les procédés habituels de la Photographie ; elles portent alors deux rangées de dents parallèles qui correspondent l'une aux vibrations de la flamme chronographe, l'autre aux vibrations de la flamme actionnée par le son dont on veut mesurer la hauteur.

» La comparaison des deux flammes est dès lors chose aisée ; elle peut se faire de deux façons : ou bien par la mesure des nombres de vibrations et fractions de vibration compris dans des longueurs égales, ou bien par

la détermination de l'espace occupé par des nombres entiers connus de vibrations.

» Si la hauteur des flammes a été convenablement réglée, de façon à donner des images de $1^{\text{mm}},5$ à 2^{mm} , ces mesures s'exécutent avec une grande facilité et une précision remarquable.

» Cette méthode, imaginée dans le but de recherches de longue haleine sur les sons vocaux, a été vérifiée avec grand soin pour les sons correspondant aux gammes ut_1 , ut_2 , ut_3 , ut_4 , à l'aide du son chronographe ut_3 , de diapasons à curseurs et de tuyaux ouverts construits avec tout le soin que M. Kœnig met aux appareils qui sortent de ses ateliers. Ils ont été vérifiés, du reste, par la méthode optique toutes les fois que cela a été possible.

» Le Tableau suivant montre la certitude et la précision de la méthode, puisque les écarts entre les hauteurs trouvées et les hauteurs indiquées ne dépassent pas une vibration double :

Numéros d'ordre des plaques.	Notes.	Hauteurs	
		mesurées.	indiquées.
99.....	$ré_2$	287,88	288
102.....	mi_4	1280,00	1280
103.....	ut_2	256,20	256
100.....	ut_4	1022,50	1024
101.....	sol_3	767,10	768

» Pour mesurer les sons très aigus ou très bas, il est bon d'avoir recours à deux diapasons chronographes donnant l'un 100^{vib} à la seconde, l'autre 2000^{vib} environ. Dans le cas, en effet, où la différence de hauteur entre les deux sons est par trop considérable, la vitesse qu'il convient de donner à la plaque pour photographier le son le plus aigu étale l'image du plus grave, et la mesure devient fort difficile.

» Quoi qu'il en soit, la photographie des flammes manométriques constitue une méthode de mesure aussi rigoureuse que la méthode graphique pour les sons compris dans l'étendue de la voix humaine ou ne s'en écartant pas de plus d'une octave. Je me propose de revenir plus tard sur cette question et de montrer que, pratiquement, elle l'est également pour les sons plus graves ou plus aigus. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation de l'arsenic, de l'antimoine et de l'étain.* Note de M. AD. CARNOT, présentée par M. Daubrée.

« Les réactions des hyposulfites alcalins en présence de divers acides, sur lesquelles j'ai fondé la séparation d'un assez grand nombre de métaux ⁽¹⁾, peuvent aussi servir à la séparation de l'arsenic. Je me propose de montrer dans cette Note comment on parvient à isoler l'arsenic, l'antimoine et l'étain.

» Lorsque, dans une dissolution chlorhydrique d'acide arsénieux ou d'acide arsénique, chauffée vers 100°, on verse de l'hyposulfite de soude, on remarque d'abord un trouble blanc dû au soufre précipité, puis bientôt une coloration jaune produite par le sulfure d'arsenic. Le même phénomène se produit dans une dissolution acidifiée par l'acide oxalique.

» Mais la précipitation est toujours incomplète, à cause de la mise en liberté d'une certaine quantité d'acide sulfureux, qui tend à ramener le sulfure à l'état d'acide arsénieux.

» Si l'on a d'avance ajouté à la liqueur une solution d'acide sulfureux ou de bisulfite alcalin, il ne se forme plus de précipité jaune; le soufre qui se dépose est exempt d'arsenic, l'acide sulfureux ayant empêché la précipitation du sulfure. Dans les mêmes circonstances, la précipitation de l'oxysulfure d'antimoine est seulement retardée, mais se produit encore d'une façon complète. Nous avons donc là un moyen de séparation facile de l'*arsenic* et de l'*antimoine*.

» A la dissolution chlorhydrique de ces deux substances, il suffit d'ajouter de l'oxalate d'ammoniaque ⁽²⁾ et de l'eau, puis de l'hyposulfite en quantité proportionnée à celle d'antimoine, enfin un peu d'acide sulfureux ou de bisulfite alcalin, et de porter à l'ébullition. Lorsque la liqueur est devenue claire et qu'une addition d'hyposulfite ou d'acide chlorhydrique n'y produit plus qu'un trouble blanc laiteux, on filtre et l'on a : d'un côté, le précipité rouge d'oxysulfure, sur lequel on achève le dosage de l'antimoine; de l'autre, une dissolution d'acide arsénieux, où il est facile de rechercher l'arsenic.

(1) *Comptes rendus*, 15 et 22 mars, 26 juillet 1886.

(2) En l'absence d'étain, il serait indifférent de remplacer l'acide oxalique par l'acide tartrique.

» On y ajoute, à cet effet, un assez fort excès d'acide chlorhydrique; on chauffe jusqu'à expulsion de l'acide sulfureux et l'on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré, qui détermine la précipitation totale du sulfure d'arsenic. On redissout l'arsenic en le peroxydant par l'eau régale ou par l'hypobromite de soude et l'on achève le dosage par l'une des méthodes connues.

» Cette méthode de séparation de l'arsenic et de l'antimoine trouve de nombreuses applications dans l'analyse des minéraux ou des minerais métalliques, qui renferment à la fois ces deux substances.

» Il est fort rare, au contraire, de rencontrer l'*étain* avec l'*antimoine* dans les produits naturels; mais ces deux métaux sont fréquemment associés dans les alliages de l'industrie. On y trouve aussi parfois de l'*arsenic*, mais seulement en petite quantité, et, le plus ordinairement, par suite de l'impureté des métaux constituants. Je vais donc examiner le cas où ces trois substances se rencontreraient ensemble, l'arsenic étant d'ailleurs en faible proportion.

» Après avoir dissous dans l'eau régale chlorhydrique soit l'alliage lui-même, soit le mélange des trois sulfures, préalablement isolés des autres métaux par le sulphydrate d'ammoniaque, on sépare d'abord l'antimoine, comme je l'ai dit plus haut, à l'état d'oxysulfure, en ayant soin d'empêcher la précipitation de l'étain et de l'arsenic au moyen de l'acide oxalique et de l'acide sulfureux.

» On porte de nouveau à l'ébullition avec un notable excès d'acide chlorhydrique et, dans la liqueur presque bouillante, on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré. La quantité d'arsenic étant supposée faible, il suffit, pour en déterminer la précipitation, de faire passer le gaz pendant quelques instants. On a soin de maintenir la liqueur chaude aussi longtemps qu'elle dégage l'odeur sulfhydrique, et l'on empêche ainsi presque sûrement la formation de sulfure d'étain.

» Cependant, pour plus de garanties, on traite le dépôt qui s'est formé lentement au fond de la fiole par un peu d'acide chlorhydrique, afin de redissoudre tout l'étain qu'il pourrait contenir. On reçoit le résidu sur un petit filtre, on le lave et on le dissout, encore humide, par quelques centimètres cubes d'eau régale chaude. On évalue alors l'acide arsénique soit à l'état de sel ammoniaco-magnésien, soit au moyen de l'appareil de Marsh.

» L'étain, se trouvant seul dans la dissolution, peut y être précipité à l'état de sulfure et dosé par les méthodes ordinaires.

» En résumé, je suis arrivé, par l'emploi de l'acide oxalique et de l'hypo-sulfite de soude ou d'ammoniaque, de l'acide sulfureux et de l'hydrogène sulfuré, à faire rapidement et avec précision les séparations de l'étain, de l'antimoine et de l'arsenic, comme j'avais fait auparavant celles du cuivre, du cadmium, du zinc et du nickel.

» Ces nouvelles méthodes m'ont permis d'apporter de grandes simplifications dans l'analyse des alliages complexes de l'industrie, où se rencontrent ensemble ces différents métaux. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de formation des sélénieurs cristallisés et des sélénieurs amorphes.* Note de M. CHARLES FABRE, présentée par M. Berthelot.

« III. **Sélénieurs métalliques cristallisés.** — J'ai tenté de mesurer la chaleur de formation, à partir des éléments, des sélénieurs métalliques obtenus à haute température; ces sélénieurs, réduits en poudre très fine, se dissolvent rapidement dans un mélange d'eau de brome et de brome pur.

» La chaleur de formation de ces sélénieurs diffère un peu de celle des sélénieurs obtenus par voie de précipitation à l'aide de l'acide sélénhydrique gazeux ou du sélénure de sodium dissous et d'un sel métallique. J'ai obtenu les résultats suivants :

» 1. **SÉLÉNIURES DE FER : Chaleur de formation à partir des éléments**

Fe solide + Se métallique = FeSe cristallisé $+9^{\text{Cal}}, 22$

» *Sélénure de fer précipité*

Fe solide + Se métallique = FeSe précipité $+7^{\text{Cal}}, 81$

» 2. **SÉLÉNIURES DE MANGANÈSE : 1° Sélénure préparé à haute température**

Mn solide + Se métallique = MnSe cristallisé $+15^{\text{Cal}}, 57$

» 2° *Sélénure précipité par le sélénure de sodium*

Mn solide + Se métallique = MnSe précipité $+13^{\text{Cal}}, 75$

» 3. **SÉLÉNIURES DE COBALT : 1° Sélénure cristallisé**

Co solide + Se métallique = CoSe cristallisé $9^{\text{Cal}}, 64$

» 2° *Sélénium précipité*

Co solide + Se métallique = CoSe précipité..... + 7^{Cal},60

» 4. SÉLÉNIURES DE NICKEL : 1° *Sélénium cristallisé*

Ni solide + Se métallique = NiSe cristallisé..... + 9^{Cal},21

» 2° *Sélénium précipité*

Ni solide + Se métallique = NiSe précipité..... + 7^{Cal},4

» 5. SÉLÉNIURES DE ZINC : 1° *Sélénium cristallisé*

Zn solide + Se métallique = ZnSe cristallisé..... + 20^{Cal},2

» 2° *Sélénium de zinc précipité par l'acide sélénhydrique gazeux*

Zn sol. + Se métallique = ZnSe précipité (cristallin)..... + 17^{Cal},00

» 3° *Sélénium de zinc précipité par le sélénium de sodium*

Zn sol. + Se métallique = ZnSe précipité (floconneux).... + 16^{Cal},8

» 6. SÉLÉNIURES DE CADMIUM. — 1° *Cristallisé*

Cd sol. + Se métallique = CdSe cristallisé..... + 13^{Cal},00

» 2° *Sélénium précipité par le sélénium de sodium*

Cd sol. + Se métallique = CdSe précipité..... + 11^{Cal},45

» 7. SÉLÉNIURES DE CUIVRE. — 1° *Sélénium cristallisé*

Cu² sol. + Se métallique = Cu²Se cristallisé..... + 10^{Cal},42

» 2° *Sélénium de cuivre précipité*

Cu sol. + Se métallique = CuSe précipité..... + 4^{Cal},85

» 8. SÉLÉNIURES DE THALLIUM. — 1° *Sélénium cristallisé*

Tl sol. + Se métallique = TlSe cristallisé..... + 8^{Cal},86

» 2° *Sélénium précipité :*

Tl sol. + Se métallique = TlSe précipité..... + 7^{Cal},36

» 9. SÉLÉNIURES DE PLOMB. — 1° *Sélénium cristallisé*

Pb sol. + Se métallique = PbSe cristallisé..... + 7^{Cal},88

» 2° *Sélénium précipité*

Pb sol. + Se métallique = PbSe précipité..... + 6^{Cal},48

» 10. SÉLÉNIURES DE MERCURE : 1° *Sélénium cristallisé*

Hg métal + Se métallique = Hg Se cristallisé + 9^{Cal}, 85

» 2° *Sélénium précipité* :

Hg métal + Se métallique = Hg Se précipité + 8^{Cal}, 00

» 11. SÉLÉNIURES D'ARGENT : 1° *Cristallisé*

Ag sol. + Se métallique = Ag Se cristallisé + 2^{Cal}, 36

» 2° *Sélénium précipité*

Ag sol. + Se métallique = Ag Se précipité + 1^{Cal}, 24

» 12. On voit qu'en général la chaleur de formation des sélénures préparés à haute température est égale ou légèrement inférieure à celle des sulfures *précipités* correspondants. Quant aux sélénures précipités, leur comparaison avec les sulfures correspondants montre que la différence entre les chaleurs de formation des sulfures et des sélénures métalliques est plus petite que la différence entre les chaleurs de formation des sulfures et des sélénures alcalins. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons de chloral et de résorcine.*

Note de M. H. CAUSSE, présentée par M. Chatin.

« Considérons un système ainsi constitué : chloral hydraté 1^{mol}, résorcine 1^{mol}, eau 900^{gr}, acide sulfurique pur 100^{gr}. A la température ordinaire l'action de cet acide ainsi dilué peut être considérée comme nulle; mais si l'on vient à chauffer, d'une part, l'hydrate de chloral tend à perdre les éléments de l'eau pour se transformer en un polymère $n(C^4HCl^3O^2)$, et, d'autre part, la résorcine, en présence de l'acide chlorhydrique qui se forme dans la réaction, tend à s'éthérifier et à se changer en produits de condensation $n(C^{24}H^{10}O^6)$.

» Si donc on fait varier la température, on doit obtenir une série de combinaisons correspondant aux diverses valeurs que peut prendre n dans cette variation. Pour vérifier expérimentalement cette conclusion, on opère comme il suit :

» La résorcine est dissoute dans l'eau additionnée d'acide sulfurique, et la solution est chauffée au bain d'eau pendant une heure à 50°; on laisse refroidir, et on ajoute le chloral dissous dans son poids d'eau; on chauffe ensuite vers 60°. La liqueur devient

jaune, passe ensuite au rouge; lorsque ce dernier domine, on retire le ballon, on le refroidit, il se dépose des aiguilles blanches qui, vues au microscope, sont constituées par de petits prismes mélangés à quelques masses sphériques brunes.

» *Deuxième opération.* — La liqueur est chauffée à 80°, et lorsque, après avoir traversé les teintes précédentes, on voit le rouge s'affaiblir, on retire le ballon, on le refroidit; il se dépose un amas cristallin constitué par des aiguilles jaune clair. Ce dépôt est accompagné de quelques flocons. Le microscope montre que ces aiguilles sont analogues aux premières et que la proportion de masses brunes est plus grande.

» *Troisième opération.* — La même liqueur est maintenue à 100°; il arrive un moment où le rouge est subitement remplacé par une coloration brune; on retire le ballon et, par le repos, il se sépare un mélange d'aiguilles et du produit floconneux.

» *Quatrième opération.* — Elle se fait en prolongeant l'action de la chaleur de 100°; on obtient ainsi des dépôts d'un rouge plus ou moins brun. Ce résultat est long à obtenir au bain d'eau; pour les préparer facilement, il convient d'opérer comme il suit: le ballon est fermé par un bouchon traversé par un tube s'ouvrant sous le mercure, de manière qu'il existe une pression de 5^{cm} à 6^{cm}; le tout est porté dans l'étuve à air et chauffé. On observe, lorsque la liqueur est devenue brune, un dégagement d'acide chlorhydrique, et la séparation d'une masse brune amorphe dont l'aspect varie du brun rouge au noir, suivant la durée de l'opération.

» Telle est la série de produits qui se forment dans la réaction du chloral sur la résorcine quand on fait varier la température.

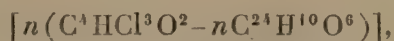
» Les divers dépôts que j'ai signalés se font irrégulièrement et, d'une manière générale, on peut dire que la substance se dépose d'autant plus facilement qu'elle est plus colorée; l'analyse montre que la quantité de chlore qu'elle contient varie avec la rapidité avec laquelle elle se dépose.

» *Propriétés.* — Le microscope a montré que tous les produits cristallisés étaient des mélanges en proportion variable de cristaux et de matières brunes amorphes. Or il est facile de prouver qu'ils sont dus à une action secondaire de l'acide chlorhydrique sur la résorcine qu'ils contiennent. En effet, si on les traite sur la lamelle par l'acide concentré et si l'on observe au microscope, on voit les aiguilles disparaître et être remplacées par des masses brunes.

» Avec les solutions alcalines étendues, les cristaux donnent la réaction des phthaléines, coloration rouge violacé; au contact de l'air, ils prennent une magnifique fluorescence verte; cette réaction prouve donc l'existence de groupes carbonyles dans la molécule. Soumis à l'action de la chaleur, leurs points de fusion s'échelonnent de 260° à 280°. Chauffés à 300°, ils distillent de la résorcine. Si l'opération a été faite avec soin, on retrouve en résorcine à peu près le poids de la substance primitive; il reste un char-

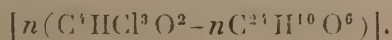
bon volumineux formé par la matière amorphe qui est infusible. Épuisé par la benzine bouillante, ce dissolvant se colore en rouge, prend une belle fluorescence violette et, par évaporation, abandonne des cristaux de résorcine. Oxydé par le permanganate, il se sépare des flocons. On agite avec l'éther, et ce liquide, mis en contact avec le bisulfite de sodium, se décolore; par évaporation, il abandonne de la résorcine imprégnée d'un peu de matière colorante. Cette expérience prouve donc que la molécule de chloral n'a pas pénétré dans le noyau benzénique.

» Pour toutes ces raisons, j'envisage les cristaux comme dérivant d'une combinaison moléculaire ($C^4HCl^3O^2 - C^{12}H^6O^4$), correspondant à l'alcoolate, laquelle pourrait perdre son chlore et donner un produit possédant la propriété de devenir fluorescent. Si les cristaux, en raison de leur solubilité, perdent leur chlore au sein du dissolvant, il n'en est plus de même des matières brunes; par suite de leur insolubilité, elles se séparent au courant de l'opération et échappent ainsi à l'action de l'eau. Peu après leur séparation, chauffées à 100° , elles abandonnent d'abord du chloral, puis survient un dégagement d'acide chlorhydrique qui se poursuit jusqu'à ce que tout le chlore ait disparu. On arrive plus facilement à ce résultat en les soumettant à des lavages répétés. Elles sont infusibles et donnent peu de résorcine à la distillation. Traitées par la potasse au $\frac{1}{20}$ et reprises par l'éther après neutralisation, elles donnent une solution brune que le bisulfate de sodium ramène au jaune. En cet état, l'éther abandonne de la résorcine mélangée à de la matière colorante. Si l'on tient compte de la présence du chloral inaltéré, du dégagement d'acide chlorhydrique, de leur production sous une légère pression, ce qui favorise la polymérisation du chloral, on peut les considérer comme représentant des combinaisons d'un polymère du chloral avec un polymère de la résorcine et les représenter par la formule



la valeur de n étant fonction des conditions de l'expérience.

» En résumé, dans l'action du chloral sur la résorcine, en présence de l'acide sulfurique étendu, il se forme deux séries de produits : les uns cristallisés, dérivant d'une combinaison moléculaire ($C^4HCl^3O^2 - C^{12}H^6O^4$); les autres, amorphes, représentant une combinaison d'un polymère du chloral avec un polymère de la résorcine, et contenus dans la formule



» Dans une Note prochaine, je montrerai que ces conclusions s'appliquent à l'étude de l'action de l'aldéhyde éthylique et de l'acétone sur la résorcine (1). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition de la partie du suint soluble dans l'eau.* Note de M. E. MAUMENÉ. (Extrait.)

« La composition de la partie du suint soluble dans l'eau méritait une étude à laquelle nous avons donné beaucoup de temps, M. Victor Rogelet et moi. Nous n'avons publié qu'une très petite partie de nos résultats, parce que la complication en était grande et exigeait de très nombreuses analyses, et en second lieu parce que le produit de la décomposition pyrogénée réclamait presque toute notre attention.

» J'ai repris ces recherches à diverses reprises depuis la mort de M. Rogelet. Le travail présenté à l'Académie par M. Buisine, dans la séance du 5 juillet dernier, m'amène à publier un de mes résultats.

» Sur la presque totalité des indications de M. Buisine je suis d'accord avec ce chimiste et suis heureux de les confirmer, en lui laissant l'avantage de la priorité.

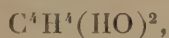
» Mais il est un point dont M. Buisine n'a probablement pas pu faire l'étude, c'est celui des produits volatils de la décomposition pyrogénée de ce mélange des sels de potasse que l'eau extrait du suint et que j'ai nommé, pour abrégé, *suintate* de potasse. J'ai eu à ma disposition, pendant quelques jours, plus de 60 000^{ks} de ces produits, et même, dans l'étude très restreinte que j'ai pu en faire à cette époque, j'avais soupçonné ce que je viens d'établir ces jours derniers : l'existence d'un corps qui n'avait pas encore été obtenu dans les décompositions organiques pyrogénées de l'*éther diénique*, C^4H^4 , HO .

» Le produit brut, d'une odeur infecte à cause de la présence de plusieurs sulfhydrates d'alcalis et d'éthers sulfhydriques, possède une volatilité croissante depuis $+20^\circ$ jusqu'à 400° : depuis $+20^\circ$, parce qu'il est toujours chargé de bicarbonate d'ammoniaque volatil à la température ordinaire (au point qu'un flacon d'une cinquantaine de grammes de ce sel, exactement fermé par du liège, se vide en quelques mois); jusqu'à 400° , parce que vers

(1) Recherches faites dans le Laboratoire d'Analyses chimiques de l'École de Pharmacie.

ce terme les produits restants se décomposent, en laissant un charbon azoté, couvert le plus souvent d'irisations magnifiques.

» Le mélange, extrêmement complexe, peut être débarrassé des alcalis par des lavages à l'acide sulfurique au $\frac{1}{4}$ (40^{gr} SO³ dans 160^{cc}), puis de ses acides au moyen de lavages avec la lessive de potasse concentrée. Il reste un mélange où l'éther ordinaire se trouve tout entier, si l'on a opéré les lavages en flacons fermés et avec des précautions qu'il est inutile de décrire. Son odeur est loin d'être pure, l'éther est mêlé d'alcool diénique,



et d'un grand nombre de corps analogues, d'autres alcools, d'acétones, etc. L'odeur est presque suave; elle peut le devenir tout à fait par des traitements sur lesquels je ne puis m'appesantir en ce moment : ce qui importe, c'est de décrire la marche de sa distillation fractionnée.

» Le produit commence à bouillir vers + 35° et, par trois ou quatre rectifications dans un appareil à boules, on en sépare de l'éther dont l'odeur se distingue malgré les traces de produits que j'appellerai *empyreumatiques*, pour les qualifier d'un seul mot.

» Ce corps, absolument sans couleur (mais qui jaunit un peu à la longue), est très fluide, bout à 36° (sous 761^{mm}), offre $D_v = 2,57$, dissout les graisses et donne à l'analyse :

			Calculé.
C.....	64,85	64,83	64,87
H.....	13,58	13,59	13,51

nombres correspondant à C^4H^4, HO .

» Il dissout l'iode avec la coloration rouge jaune de tous les dissolvants oxygénés (tous ceux qui ne sont pas composés d'oxygène prennent la couleur violette $CS^2C^2HCl^3$, etc.).

» L'éther provient de la décomposition pyrogénée du lactate de potasse. Quand ce sel ne contient pas d'eau, il donne

$$(M) \quad n = \frac{C^6H^5O^5 = 81}{KO = 47},$$

$$47 C^6H^5O^5 + 81 KO = \frac{1}{2} \left(\frac{13}{34} \left\{ \frac{CO^2, KO + C^3H^3, HO + CO^2}{2CO^2KO + C^3H^3HO} \right\} \right);$$

les 34 $C^6H^5O^5$ *libres* se décomposent en d'autres produits, que je ne puis indiquer faute de place.

» Évidemment, lorsque le sel retient de l'eau, il donne de l'alcool au

lieu d'éther. Aussi trouve-t-on de l'alcool dans la partie rectifiée de 75° à 82°; on peut l'amener, par des distillations répétées, à 76°-79°, et l'analyse démontre que le corps séparé dans ces conditions est de l'alcool ordinaire, à bien peu près pur. J'ai obtenu :

		Calculé.
C	52,31	52,17
H	13,36	13,04

ce qui s'approche autant qu'on peut l'espérer de $C^4H^4(OH)^2$ pur..... »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'innervation indirecte de la peau.* Note
de M. C. VANLAIR.

« Il existe actuellement toute une série d'observations chirurgicales où l'on a pu noter la conservation de la sensibilité dans toute l'étendue de l'extrémité supérieure, nonobstant la section complète d'un ou plusieurs des principaux nerfs des membres. Dans un certain nombre de ces cas, on a eu, de plus, l'occasion de constater la persistance de la sensibilité du bout périphérique, alors que la division totale du nerf avait été bien et dûment opérée.

» Pour expliquer ce dernier phénomène, Richet le premier avait émis l'idée d'une récurrence des fibres nerveuses. Reprise par Arloing et Tripier et soumise par eux au contrôle expérimental le plus rigoureux, l'hypothèse a été acceptée, pour ainsi dire d'emblée, par tous les physiologistes. Dans un Travail devenu classique, ces auteurs ont fait voir qu'il suffisait de la récurrence jointe à une diffusion périphérique des fibres, dont ils ont également démontré l'existence, pour expliquer le maintien paradoxal de la sensibilité du bout périphérique et de la sensibilité cutanée. Mais, croyant à une corrélation étroite entre les deux phénomènes, MM. Arloing et Tripier ont négligé de fixer la part respective qui revient à l'une et à l'autre de ces dispositions, dans le maintien de la sensibilité cutanée.

» D'autre part, ils ne se sont occupés que de la survie de la sensibilité; leur attention ne s'est pas portée sur d'autres phénomènes, non moins remarquables, qui se manifestent à la suite des sections nerveuses. Je veux parler, entre autres, du retour plus ou moins tardif de la sensibilité après son abolition préalable, en l'absence, cela va sans dire, de toute régénération. La diffusion collatérale existe-t-elle ailleurs que chez l'homme et les animaux supérieurs? C'est là aussi une question qu'ils n'ont pas cherché davantage à résoudre.

» J'ai tenté de combler ces lacunes, ou plutôt de compléter leur étude en opérant sur le membre postérieur, dont l'innervation diffère sensiblement de celle du membre antérieur, par le fait de la duplicité des plexus et de la concentration du système sciatique en un seul tronc.

» Voici quelques-uns des résultats qui m'ont été fournis par mes recherches :

» La *réurrence* et la *dispersion collatérale* jouissent, à l'égard l'une de l'autre, d'une dépendance absolue. L'importance de la collatéralité dépasse de beaucoup celle de la réurrence. La collatéralité suffit en effet, à elle seule, pour garantir la sensibilité de la surface cutanée après la section des nerfs, par le moyen de vastes emprises, voire même en certains cas la superposition complète d'un district nerveux sur un autre. Il résulte, de cette disposition, des écarts inattendus entre le département anatomo-macroscopique d'un nerf et son domaine physiologique.

» Les *échanges* nerveux périphériques s'opèrent, non seulement entre branches d'un même nerf, mais encore entre nerfs appartenant à des plexus différents. On les observe dans les nerfs *régénérés* comme dans les nerfs primitifs.

» Quant au *trajet* des fibres collatérales, elles parcourent la plupart du temps les masses profondes du membre et viennent émerger, pour ainsi dire, de chaque point de la surface aponévrotique, pour pénétrer directement et isolément dans la peau.

» Pour ce qui concerne enfin la *suspension* de la sensibilité, elle résulte toujours, si l'on en excepte peut-être l'anesthésie du coussinet du gros orteil, non d'une paralysie du bout périphérique, mais d'une excitation partant du point lésé du bout central, gagnant d'abord les centres des fibres nerveuses intéressées, puis se propageant secondairement aux centres des nerfs voisins et même à ceux d'un autre plexus. L'action exercée sur les derniers centres est de nature *inhibitrice*. L'épuisement de cette influence amène graduellement le retour de la sensibilité. Chez l'homme, la durée du laps qui s'écoule entre l'abolition et le retour de la sensibilité dépasse généralement, de beaucoup, celle du même délai chez l'animal.

» Enfin, la collatéralité ne remplit chez la grenouille qu'un rôle restreint ou nul. Chez le chien et le chat, elle offre une certaine constance. Chez l'homme, au contraire, elle varie dans des limites considérables. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Note sur le système artériel des scorpions.* Note de M. F. HOUSSAY, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Le système artériel des Scorpions est formé de deux groupes de vaisseaux : l'un dorsal, l'autre ventral, réunis entre eux, d'une part, par deux courts vaisseaux à la partie antérieure et, d'autre part, par un canal impair situé à la partie médiane du corps de l'animal.

» *Groupe dorsal.* — Du cœur, situé en entier dans le préabdomen, partent en avant et en arrière deux aortes. L'aorte antérieure va sans se ramifier jusqu'aux ganglions cérébroïdes, où elle se termine brusquement. De la terminaison partent quatre artères : deux qui se rendent aux yeux dorsaux du céphalothorax ; deux autres qui vont aux chélicères, fournissant sur leur parcours un rameau pour les yeux latéraux et un autre qui se répand dans les muscles. L'aorte postérieure parcourt tout le postabdomen et se ramifie d'une façon très homogène dans tous les segments. A la partie antérieure de chaque anneau, elle donne deux très courtes artérioles, et au milieu de l'anneau, deux artères plus fortes qui se bifurquent en deux rameaux perpendiculaires à leur direction.

» *Groupe ventral.* — C'est le plus intéressant par les rapports qu'il présente avec le système nerveux. Il se compose d'une lacune qui entoure la masse ganglionnaire ovale du céphalothorax et d'un vaisseau compris dans la gaine de la chaîne nerveuse abdominale. Le sang occupe l'espace compris entre les deux filets nerveux qui vont d'un ganglion à l'autre et se répand autour de chaque ganglion, de façon à former en ce point une petite lacune.

» De la lacune périnerveuse céphalothoracique partent, de chaque côté, cinq troncs qui se rendent dans les pattes. Le sang et le nerf de chaque patte sont au départ dans une même enveloppe.

» Toutes les ramifications qui sortent du canal abdominal sortent au niveau des ganglions, et là aussi un nerf et un courant sanguin quittent ensemble l'enveloppe commune.

» *Artères communicantes.* — Ces deux groupes sont réunis à la partie antérieure par deux vaisseaux qui entourent le tube digestif. Ces deux vaisseaux enveloppent les connectifs qui vont des ganglions cérébroïdes à la masse ventrale. Ils mettent en communication la lacune périnerveuse avec la terminaison de l'aorte antérieure. Le sang ne se répand point autour du

cerveau : soit que ces ganglions aient une enveloppe spéciale, laissant juste sortir le filet nerveux du connectif pour qu'il pénètre dans les vaisseaux sanguins, ou bien que l'enveloppe commune soit si intimement appliquée sur la masse nerveuse que le sang ne puisse pénétrer entre les deux.

» L'autre communication entre les deux groupes est établie par un vaisseau qui part de l'aorte postérieure au milieu du septième anneau du préabdomen. Il s'enfonce entre les deux petits lobes qui prolongent le foie dans le postabdomen; puis il passe à droite du tube digestif et débouche dans le canal périnerveux, à la hauteur du ganglion du premier anneau du postabdomen.

» Cette disposition relative des systèmes circulatoire et nerveux, signalée déjà chez la Limule et les Myriapodes, se trouve encore étendue à un groupe des Arachnides. »

TÉRATOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur la production des monstruosité dans l'œuf de la poule par une modification du germe antérieure à la mise en incubation*; par M. DARESTE.

« Les œufs fécondés conservent leur faculté germinative un certain temps après la ponte; plus longtemps pendant l'hiver que pendant l'été. La perte de la faculté germinative résulte de la mort du germe.

» J'ai constaté, depuis plusieurs années, que le germe, avant de mourir, traverse une période pendant laquelle il est atteint dans sa vitalité, et ne peut évoluer que d'une manière tératologique. Dans une expérience faite pendant l'été de 1882, des œufs, mis en incubation neuf jours après la ponte, m'ont tous donné des monstres, bien que placés dans les conditions physiques qui déterminent l'évolution normale. Dans les saisons plus froides, les œufs mis en incubation trois semaines après la ponte donnent ordinairement des embryons normaux.

» J'ai voulu savoir si cette modification du germe pouvait se produire à une époque beaucoup plus rapprochée de la ponte, et j'ai fait, dans ce but, une expérience dont voici les résultats :

» J'ai reçu, le 17 juillet, 32 œufs pondus le 15. J'en ai fait 4 lots de 8, que j'ai mis en incubation les 19, 20, 21 et 22 juillet.

» *Premier lot.* Mise en incubation le 19. — 4 embryons parfaitement normaux. 4 œufs non fécondés.

» *Deuxième lot.* Mise en incubation le 21. — 6 embryons parfaitement normaux.

1 embryon hydropique et anencéphale; amnios incomplètement formé, et laissant toute la partie moyenne du corps à découvert. 1 embryon célosome et symèle.

» *Troisième lot.* Mise en incubation le 21. — 5 embryons parfaitement normaux. 1 embryon monstrueux, présentant une ectopie du cœur. 1 blastoderme présentant deux embryons jumeaux, dont l'un est à peu près normal, tandis que l'autre présente une tête rudimentaire. 1 œuf non fécondé.

» *Quatrième lot.* Mise en incubation le 22. — 5 embryons parfaitement normaux. 1 embryon affecté de cyclopie et de dualité du cœur. 1 embryon omphalocéphale. 1 embryon omphalocéphale, mais dont le corps manquait presque entièrement, et qui était uniquement formé par la région céphalique.

» Ainsi les œufs mis en incubation quatre jours après la ponte ne m'ont point donné de monstres.

» J'en ai trouvé 2 dans les œufs mis en incubation cinq jours après la ponte; 1 dans les œufs mis en incubation six jours après la ponte; 3 dans les œufs mis en incubation sept jours après la ponte. Je laisse complètement de côté le fait de gémellité observé dans le troisième lot, bien que l'un des deux embryons présentât une monstruosité, car la modification du germe qui produit la gémellité est évidemment antérieure à la ponte.

» Il résulte de ces faits que la diminution de vitalité du germe, qui détermine l'évolution tératologique, peut être très précoce, au moins par des températures élevées, puisque, dans cette expérience, elle s'est produite cinq, six et sept jours après la ponte. La coexistence, dans les mêmes appareils d'incubation, d'œufs présentant des embryons normaux et des embryons monstrueux ne permet pas d'attribuer la production de ces monstres aux conditions physiques de l'incubation. Il y avait là une modification du germe antérieure à la mise en incubation. Et pourquoi certains germes étaient-ils modifiés, tandis que les autres ne l'étaient pas? Cela ne peut s'expliquer que par l'intervention de l'individualité qui joue un si grand rôle en tératogénie, comme je l'ai montré depuis longtemps.

» Ainsi donc, l'apparition des monstres ne résulte pas seulement de changements dans les conditions physiques de l'incubation : elle peut être également produite par des modifications du germe antérieures à la mise en incubation. Dans l'état actuel de la science, ces modifications du germe échappent complètement à nos investigations, et ne se manifestent que par l'apparition des monstres. On peut toutefois supposer que la vie du germe n'est pas complètement suspendue, et qu'elle se manifeste par des échanges de gaz avec l'air ambiant, échanges comparables à ceux que MM. Van Tieghem et Bonnier ont constatés dans leurs recherches sur la vie latente des graines. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la pollinisation des Orchidées indigènes.* Note de M. PAUL MAURY, présentée par M. Duchartre.

« Dans une intéressante Communication faite à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 19 juillet dernier, M. Léon Guignard a décrit les phénomènes qui accompagnent la pollinisation dans un certain nombre d'Orchidées exotiques. J'ai, moi-même, au cours de recherches suivies sur le développement de la fleur et du fruit d'Orchidées indigènes (*Neottia ovata*, *nidus-avis*; *Orchis fusca*, *simia*, *Morio*, *mascula*, *maculata*, *latifolia*, *laxiflora*; *Loroglossum hircinum*; *Ophrys arachnites*, *myodes*, *apifera*; *Platanthera bifolia*; *Cephalanthera grandiflora*; *Epipactis atrorubens*), faites pendant tout l'été de 1885, observé des phénomènes intéressants à comparer à ceux que cite M. Guignard. Je n'avais pas cru jusqu'ici devoir publier ces observations, parce que nombre de points de détail demandent à être encore étudiés et que certains résultats importants m'ont paru sensiblement les mêmes que ceux obtenus par plusieurs auteurs (1).

» Dans la plupart des espèces indigènes que je viens de nommer, les ovules se développent fort lentement et ce développement est loin d'être achevé lorsque la fleur commence à se faner (en moyenne huit à dix jours après l'épanouissement). Il en résulte donc que, sur une même fleur, les masses polliniques ont atteint leur complet développement bien avant les ovules et peuvent être détruites ou emportées par les insectes, le vent, la pluie, sans que les ovules de cette fleur soient fécondés. Mais sur la même inflorescence il existe des fleurs à tous les degrés d'évolution; les plus basses ou les plus âgées peuvent donc être fécondées par le pollen des plus hautes ou les plus jeunes. C'est d'ordinaire ce qui a lieu : ce sont seulement des ovaires du bas de l'inflorescence qui arrivent à maturité.

» M. Th. Wolf a montré que l'ovaire des Orchidées reste, dans de nombreuses espèces, béant.

» La partie supérieure de l'orifice de l'ovaire, à la base de ce qu'on appelle d'ordinaire stigmate, est simplement fermé par des cellules épidermiques tuméfiées ou même gélifiées et constituant alors le nectar situé

(1) Il s'agit ici de faits relatifs au développement, à la forme de l'ovaire, à la structure de l'ovule, faits déjà observés et décrits tout au long ou notés en passant par MM. Strasburger, Th. Wolf, Gérard, Vesque, Treub, H. Müller, Pfitzer, etc.

entre le stigmate et la base du labelle. Lorsque la masse pollinique tombe ou est portée sur ce mucilage, elle est aussitôt dissociée en tétrades et chaque grain de la tétrade entre en germination. Au fur et à mesure du développement du tube pollinique, les cellules superficielles des parois internes de l'espèce de canal qui termine, en haut, l'ovaire, sont modifiées comme le signale M. Guignard.

» Le pollen germe ainsi pendant un certain temps : deux à trois jours dans *Neottia ovata*, *Platanthera bifolia*; cinq à six jours pour *Orchis latifolia*; sept ou huit jours pour la majeure partie des autres espèces; environ neuf à dix jours pour *Loroglossum hircinum* et les *Ophrys*. Lorsque le tube pollinique atteint le nucelle, celui-ci est fortement saillant en dehors du tégument encore peu développé. Mais, dès que ce contact est opéré, l'ovule se développe assez rapidement et acquiert ses dimensions définitives, dimensions qui seront, à peu de chose près, celles de la graine du reste fort petite.

» Donc, dans nos Orchidées dont la végétation est relativement courte (un mois et demi environ pour les *Neottia*, un mois et demi ou deux mois pour la plupart des espèces, trois à quatre mois pour *Loroglossum hircinum*), l'ovule met vingt jours et plus pour se former complètement, c'est-à-dire pour être apte à être fécondé. On conçoit que ce temps puisse varier suivant les conditions locales. Dans tous les cas, ce temps est celui qui s'écoule entre le moment où l'ovule apparaît sous forme de mamelon sur le placenta et le moment où la fleur vient de se flétrir.

» La graine mûrit en un temps relativement beaucoup plus court.

» Un fait intéressant à retenir, c'est que le tube pollinique n'arrive pas à l'ovule à travers les tissus du stigmate ou des carpelles. L'ovaire est béant, et c'est par son orifice que passent les tubes polliniques réunis en faisceau, agglutinés par un mucilage provenant de la gélification des cellules superficielles des parois carpellaires. Cette modification des cellules est produite par la progression du tube pollinique; elle n'a pas lieu dans les ovaires qui n'ont pas été fécondés. Ce détail important, établi par M. Guignard pour les Orchidées exotiques, observé par moi-même sur plusieurs espèces françaises, avait échappé aux observations si remarquables de Ad. Brongniart, communiquées à l'Académie des Sciences en juillet 1831. Brongniart, en effet, regarde ce tissu hypertrophié comme un tissu stigmatique. « En s'éloignant du stigmate, dit-il ⁽¹⁾, ce tissu conduc-

(¹) *Annales des Sciences naturelles*, 1^{re} série, t. XXIV, 1831.

» teur ne subit d'autre changement que d'être formé d'utricules beaucoup plus allongées et presque filiformes. »

» En résumé, dans les Orchidées indigènes, il s'écoule un temps suffisamment long entre le moment où le pollen, tombé sur l'organe femelle, entre en germination et le moment où le tube pollinique atteint l'ovule. Ce temps est plus court, on vient de le voir, que celui qui a été constaté par M. Guignard pour les Orchidées exotiques. Il doit en être ainsi, puisque la période végétative de nos espèces indigènes est très courte comparée à celle des espèces exotiques.

» Enfin on peut se demander s'il n'existe pas une relation entre ce développement tardif des ovules et la faculté que présentent les espèces de certains genres, notamment les *Orchis*, de s'hybrider entre elles. »

BOTANIQUE. — *Premier aperçu de la végétation du Congo français.*

Note de M. **ED. BUREAU.**

« Les collections botaniques, formées par la Mission de l'Ouest africain, sont arrivées récemment à Paris. Elles se composent de deux herbiers : l'un recueilli par MM. Thollon et Schwébisch; l'autre, en partie dans des localités différentes, par MM. J. de Brazza et Pecile. Nous avons aussitôt procédé à un rapprochement et à une étude d'ensemble de ces collections.

» La répartition par familles naturelles a donné les résultats suivants :

Familles.	Nombre d'espèces.	Familles.	Nombre d'espèces.	Familles.	Nombre d'espèces.
Légumineuses.....	59	Champignons	11	Tiliacées.....	4
Graminées.....	58	Cucurbitacées....	10	Passiflorées.....	4
Rubiacees.....	55	Malvacées.....	10	Capparidées.....	4
Cypéracées.....	33	Commélynées....	9	Olacinales.....	4
Composées.....	25	Combrétacées....	8	Anonacées.....	4
Euphorbiacées...	20	Chailletiacées....	7	Loranthacées....	4
Acanthacées.....	17	Gentianées.....	6	Amarantacées....	4
Convolvulacées...	15	Labiées.....	6	Liliacées.....	4
Mélastomacées...	15	Cannées.....	6	Palmiers.....	4
Fougères.....	14	Utriculariées....	5	Mousses.....	4
Orchidées.....	12	Ochnacées.....	5	Paronychiées....	3
Scrophulariées....	11	Lycopodiacées....	5	Portulacées.....	3
Verbenacées.....	11	Solanées.....	4	Violariées.....	3
Connaracées.....	11	Asclépiadées....	4	Myrtacées.....	3

Familles.	Nombre d'espèces.	Familles.	Nombre d'espèces.	Familles.	Nombre d'espèces.
Onagrariées.....	3	Borraginées.....	1	Celtidées.....	1
Bixacées.....	3	Sapotacées.....	1	Santalacées.....	1
Amaryllidées.....	3	Crassulacées.....	1	Laurinées.....	1
Aroïdées.....	3	Samydées.....	1	Cannabinéées.....	1
Loganiacées.....	2	Burséracées.....	1	Morées.....	1
Bignoniacées.....	2	Méliacées.....	1	Polygonées.....	1
Rosacées.....	2	Ampélidées.....	1	Phytolaccacées...	1
Simaroubées.....	2	Malpighiacées....	1	Pipéracées.....	1
Ménispermées....	2	Hypéricinées.....	1	Ériocaulonées....	1
Balsaminées.....	2	Hippocratéacées..	1	Pandanées.....	1
Célastrinées.....	2	Sapindacées.....	1	Pontédériacées...	1
Rhizophorées....	2	Haloragées.....	1	Hydrillées.....	1
Urticées.....	2	Ébénacées.....	1	Hydrocharidées...	1
Podostémées....	2	Buttnériacées.....	1	Zingibéracées....	1
Dioscoréacées....	2	Oxalidées.....	1	Burmanniacées...	1
Xyridées.....	2	Droséracées.....	1	Hépatiques.....	1
Hypoxidées.....	2	Nymphéacées.....	1	Lichens.....	1
Iridées.....	2	Linacées.....	1		
Pédalinées.....	1	Nyctagynées.....	1		

Total..... 599 espèces.

» L'herbier de MM. Thollon et Schwébisch comprend 437 espèces, celui de MM. J. de Brazza et Pecile, 227; mais il n'y a en tout que 599 espèces, 65 se trouvant à la fois dans les deux herbiers. Ainsi, un neuvième des espèces seulement a été recueilli par l'un et par l'autre groupe de collecteurs opérant séparément; les deux herbiers sont donc très différents l'un de l'autre, et cette différence doit tenir en grande partie à la richesse même des formes spécifiques dans cette région.

» Les principaux endroits explorés au point de vue botanique sont : les environs de Franceville, de Brazzaville, d'Ossika, des postes de Diélé, de Lékéti et de Nganchou. Toutes ces localités sont situées sur les grands cours d'eau : l'Ogôoué, l'Alima et le Congo. Nous n'avons encore rien reçu de l'intérieur du pays, ni de la côte.

» Si nous en jugeons d'après la collection, nécessairement très incomplète, que nous avons sous les yeux, la famille de plantes la mieux représentée dans la nouvelle possession française de l'Afrique occidentale est celle des Légumineuses. Cette prédominance est assez ordinaire dans les pays intertropicaux, et nous devons dire que M. Alph. de Candolle, dans sa *Géographie botanique*, l'avait déjà signalée pour la région même du Congo, d'après les observations sur le voyage du capitaine Tuckey pu-

bliées par R. Brown, en 1818. Les Légumineuses herbacées sont en grand nombre et appartiennent surtout à la tribu des Phaséolées; mais il y a aussi beaucoup d'espèces ligneuses, et parmi elles des plantes de la plus grande beauté : les genres *Griffonia*, *Berlinia*, *Camoensia* sont appelés à devenir l'ornement de nos serres chaudes. Le dernier a des fleurs blanches de plus de 0^m,30 de long.

» Les Graminées, qui arrivent au second rang et qui viennent d'être étudiées par M. Franchet, ont présenté un fait bien digne d'attention : la présence, dans le bassin du Congo, de six espèces ou formes américaines. L'*Oryza sativa*, var. *paraguayensis* Wedd., du Paraguay, qui, d'après des échantillons de l'herbier du Muséum, est cultivé à Zanzibar et dans le Cordofan, se trouve à l'état sauvage sur les bords inondés de l'Alima. Le *Streptogyne crinita* Pal.-Beauv., des deux Amériques, a été recueilli par M. J. de Brazza dans des brousses élevées, sur des collines escarpées, au poste de Nkouna, entre Nganchou et Brazzaville. Barter l'avait déjà signalé dans le bassin du Niger. Il y avait indiqué également le *Rottbællia loricata* Trin., du Brésil, dont M. Thollon vient de faire connaître la présence dans les sables humides de la plaine de Mpila, près de Brazzaville. Dans cette même localité croît l'*Andropogon glaucescens* Humb. et Bonpl., du Brésil également; à Brazzaville se voient encore l'*Elionurus rostratus* L., du Brésil, et un *Trachypogon*, qui n'est probablement pas distinct du *T. Gouini* Fourn., du Mexique, toutes plantes qu'on regardait jusqu'ici comme étrangères au continent africain. Ces espèces proviennent-elles de l'Amérique? N'auraient-elles pas été transportées au contraire de l'Afrique dans le nouveau continent? Leurs habitations, aujourd'hui disjointes, indiquent-elles une aire ancienne de répartition maintenant en grande partie occupée par l'Océan? Tels sont les problèmes de Géographie botanique qui se trouvent posés par ce fait curieux.

» En général, dans la flore du Congo français, les familles gamopétales sont relativement bien représentées. Les Rubiacées viennent au troisième rang. Je signalerai dans cette famille 4 espèces de *Genipa* à fleurs énormes, et 6 espèces de *Mussaenda*, à bractées colorées, qui sont des plantes d'une beauté remarquable.

» Une famille entièrement exotique, ordinairement très peu importante, celle de Chailletiacées, fournit ici 7 espèces, toutes intéressantes.

» Les Orchidées sont assez nombreuses et presque toutes épiphytes, mais sans pseudo-bulbes renflés.

» Les Fougères, qui au Tonkin occupent le cinquième rang pour le

nombre des espèces, n'arrivent ici qu'au dixième. Cette faiblesse numérique relative du groupe des Fougères est un caractère général des flores africaines. Sur les 14 espèces recueillies au Congo, une seule est arborescente. Elle provient du voyage aux sources de l'Ivindo, récemment exécuté par M. J. de Brazza.

» La présente Note a seulement pour but d'indiquer la physionomie générale de la flore du Congo français. Nous espérons être prochainement en mesure d'exposer les caractères des circonscriptions botaniques qu'on peut y reconnaître, et de donner des renseignements sur les plantes utiles ou utilisables de notre nouvelle possession. »

M. CH. BRAME adresse une Note sur les transformations de couleurs que subit l'image colorée du Soleil, observée à travers un prisme. Cette image, jaune, devient verte lorsqu'on soulève un peu l'instrument au déclin du jour, ou lorsqu'un nuage translucide voile la face de l'astre, etc. De plus, des deux appendices qui prolongent cette image, l'inférieur, rouge, peut devenir orangé, et le supérieur, qui est bleu, prend souvent des tons violets. Cette image brillante du Soleil représente donc un *spectre en miniature*.

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

J. B.

ERRATA.

(Séance du 19 juillet 1886.)

Page 231, ligne 11 en remontant, *au lieu de noires, lisez blanches.*